

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA:  
INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:  
INGENIERAS AMBIENTALES**

**TEMA:  
DISEÑO DE UN RELLENO SANITARIO MANUAL PARA EL RECINTO  
“CRISTÓBAL COLÓN”- PROVINCIA DE ESMERALDAS**

**AUTORAS:  
JENNIFER CAROLINA RUIZ ORTEGA  
VICTORIA CAROLINA UNAPANTA ALBÁN**

**DIRECTOR:  
CARLOS ALBERTO JUMBO SALAZAR**

**Quito, abril del 2015**

**DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIZACIÓN DE USO  
DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Nosotras, autorizamos a la Universidad Politécnica Salesiana la publicación total o parcial de este trabajo de titulación y su reproducción sin fines de lucro.

Además, declaramos que los conceptos, análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad las autoras.

Quito, abril del 2015

---

Jennifer Carolina Ruiz Ortega  
171968021-5

---

Victoria Carolina Unapanta Albán  
172442665-3

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de tesis dedico primero a Dios por permitirme concluir con esta meta trazada, a mi papá por apoyarme con mis estudios y saberme guiar por un buen camino, mi mami por estar conmigo cuando más la necesito, arriesgándose conmigo ante mis decisiones, ser esa madre incondicional, buscando lo mejor para mí. A mis hermanos porque fueron parte de mi formación, dándome sus consejos para que cada día sea mejor y a mis pequeñas sobrinas por ser mi fortaleza. Gracias a toda mi familia y amigos, a Caro porque más que ser una compañera de trabajo se convirtió en una buena amiga, compartiendo experiencias y buenos momentos. Al recinto Cristóbal Colón por permitirnos realizar nuestra investigación y poder conocer un poco más de este hermoso lugar. Además, a todos los ingenieros que estuvieron transmitiéndome todos sus conocimientos a lo largo de mi formación académica y por supuesto a nuestro tutor por apoyarnos durante todo el desarrollo de la tesis.

Jennifer Ruiz

El presente trabajo de tesis, dedico primero a Dios por bendecirme en el transcurso de mi formación académica. A mis padres, por su cariño, por saberme guiar en todo momento y por su apoyo incondicional para alcanzar esta meta. A mis hermanos y abuelitos, por estar a mi lado siempre apoyándome en todo y por su cariño. A una persona muy querida, gracias por tu apoyo incondicional. A Jenny por su confianza y por la excelente persona y amiga que es. Por supuesto, al recinto Cristóbal Colón, por hacer posible esta investigación y a nuestro tutor de tesis y a todos los ingenieros que colaboraron durante el desarrollo de este trabajo.

Finalmente, dedico esta tesis a todas las personas con las que he compartido alegrías y que están siempre presentes en mi corazón.

Victoria Unapanta

## ÍNDICE

|   |    |
|---|----|
| INTRODUCCIÓN .....  | 1  |
| CAPÍTULO 1 .....  | 2  |
| PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....  | 2  |
| 1.1.Descripción del problema .....                                      | 2  |
| 1.2.Definición y planteamiento del problema .....                       | 2  |
| 1.2.1.Preguntas de investigación .....                                  | 2  |
| 1.3.Objetivos del proyecto .....  | 3  |
| 1.3.1.Objetivo general .....  | 3  |
| 1.3.2.Objetivos específicos .....                                       | 3  |
| 1.4.Hipótesis o supuestos del proyecto .....                            | 3  |
| 1.5.Delimitación de estudio .....                                       | 3  |
| 1.6.Definición de términos .....  | 4  |
| 1.7.Justificación.....  | 4  |
| CAPÍTULO 2 .....  | 6  |
| MARCO TEÓRICO.....  | 6  |
| 2.1.Antecedentes .....  | 6  |
| 2.2.Relleno sanitario.....  | 6  |
| 2.2.1.Relleno sanitario manual.....                                     | 7  |
| 2.3.Caracterización de residuos sólidos .....                           | 7  |
| 2.3.1.Método de cuarteo.....  | 7  |
| 2.3.2.Selección y cuantificación de subproductos .....                  | 8  |
| 2.4.Planificación de rutas de recolección .....                         | 8  |
| 2.4.1.Recolección de residuos .....                                     | 8  |
| 2.4.2.Diseño de rutas de recolección.....                               | 8  |
| 2.5.Alternativas de reciclaje y reutilización de residuos sólidos ..... | 9  |
| 2.5.1.Reutilización de residuos sólidos .....                           | 9  |
| 2.5.2.Reciclaje de residuos.....  | 9  |
| 2.5.3.Compostaje de residuos .....                                      | 9  |
| CAPÍTULO 3 .....  | 10 |
| LÍNEA BASE .....  | 10 |
| 3.1.Ubicación geográfica .....  | 10 |
| 3.2.Medio físico .....  | 10 |
| 3.2.1.Suelo.....  | 10 |

|  |    |
|--|----|
| 3.2.1.1.Textura del suelo.....                               | 10 |
| 3.2.1.2.Taxonomía del suelo.....                             | 11 |
| 3.2.2.Hidrología .....                                       | 12 |
| 3.2.3.Clima y meteorología.....                              | 12 |
| 3.2.3.1.Precipitación.....                                   | 15 |
| 3.2.3.2.Temperatura.....                                     | 15 |
| 3.2.3.3.Humedad relativa.....                                | 16 |
| 3.2.3.4.Evapotranspiración.....                              | 17 |
| 3.2.3.5.Velocidad del viento.....                            | 17 |
| 3.2.3.6. Balance hídrico.....                                | 18 |
| 3.3.Medio socioeconómico .....                               | 19 |
| 3.3.1.Criterios metodológicos .....                          | 19 |
| 3.3.2.Aspecto demográfico .....                              | 20 |
| 3.3.3.Infraestructura vial y medios de transporte .....      | 21 |
| 3.3.4.Instituciones educativas .....                         | 21 |
| 3.3.5.Actividades productivas .....                          | 21 |
| 3.3.6.Servicios básicos .....                                | 22 |
| 3.4.Medio biótico .....                                      | 23 |
| 3.4.1.Flora .....  | 23 |
| 3.4.2.Fauna.....   | 25 |
| CAPÍTULO 4 .....   | 28 |
| CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS.....                 | 28 |
| 4.1.Etapa de planificación .....                             | 28 |
| 4.1.1.Proyección de la población 2014 .....                  | 28 |
| 4.1.2.Muestra de la Investigación .....                      | 29 |
| 4.1.2.1.Cálculo de la muestra.....                           | 30 |
| 4.1.3.Distribución de la muestra por ubicación espacial..... | 31 |
| 4.1.4.Codificación .....                                     | 32 |
| 4.1.5.Carta de presentación .....                            | 33 |
| 4.1.6.Diseño de la ruta de recolección preliminar.....       | 34 |
| 4.1.6.Encuestas.....   | 36 |
| 4.1.7.1.Tabulación de encuestas.....                         | 37 |
| 4.2.Etapa de ejecución.....                                  | 44 |
| 4.2.1.Recolección de residuos sólidos.....                   | 44 |

|  |    |
|--|----|
| 4.2.5.Producción per cápita de residuos.....                           | 45 |
| 4.2.6.Características de los residuos sólidos .....                    | 49 |
| 4.2.3.1.Densidad de los residuos.....                                  | 49 |
| 4.2.3.2.Composición física de los residuos.....                        | 50 |
| 4.2.3.4.Humedad de los residuos sólidos.....                           | 54 |
| CAPÍTULO 5 .....   | 56 |
| DISEÑO DEL RELLENO SANITARIO MANUAL .....                              | 56 |
| 5.1.Descripción de lugares de selección para el relleno sanitario..... | 56 |
| 5.2.Selección del lugar para la ubicación del relleno sanitario .....  | 57 |
| 5.3.Capacidad portante del suelo .....                                 | 62 |
| 5.4.Diseño del relleno sanitario manual.....                           | 62 |
| 5.4.1.Volumen del relleno sanitario .....                              | 62 |
| 5.4.2.Área requerida para el relleno sanitario .....                   | 63 |
| 5.4.3.Método de Zanja o Trinchera.....                                 | 66 |
| 5.4.3.1.Diseño de la zanja.....  | 66 |
| 5.4.3.2.Diseño de la zanja de emergencia.....                          | 68 |
| 5.4.4.Diseño del canal interceptor de aguas de escorrentía.....        | 69 |
| 5.4.5.Diseño sistema de drenaje de lixiviado o percolado .....         | 72 |
| 5.4.5.1.Recirculación de lixiviado.....                                | 74 |
| 5.4.6.Diseño de la celda diaria .....                                  | 75 |
| 5.4.7.Mano de Obra.....  | 76 |
| 5.4.8.Diseño de chimenea .....   | 77 |
| 5.4.9.Pozos de monitoreo.....  | 78 |
| 5.4.10.Presupuesto .....   | 79 |
| CAPÍTULO 6.....  | 80 |
| RUTAS Y HORARIOS DE RECOLECCIÓN .....                                  | 80 |
| 6.1.Recolección .....  | 80 |
| 6.1.1.Método de Esquina o Parada Fija .....                            | 80 |
| 6.1.2.Método de Acera.....   | 81 |
| 6.2.Equipos de Recolección .....                                       | 81 |
| 6.2.1.Seguridad de trabajo en la recolección de residuos .....         | 82 |
| 6.3.Frecuencia de recolección .....                                    | 82 |
| 6.4.Rutas de recolección .....   | 83 |
| CAPÍTULO 7 .....   | 85 |

|  |     |
|--|-----|
| PREPARACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DEL TERRENO.....          | 85  |
| 7.1.Preparación del terreno .....                    | 85  |
| 7.1.1.Limpieza y desmonte .....                      | 85  |
| 7.2.Construcción del relleno sanitario.....          | 85  |
| 7.2.1.Construcción de zanjas.....                    | 85  |
| 7.2.2.Vías de acceso .....                           | 85  |
| 7.2.3.Drenaje perimetral de aguas lluvia.....        | 86  |
| 7.2.4.Drenaje y manejo del lixiviado .....           | 86  |
| 7.2.5.Drenaje de gases.....                          | 87  |
| 7.3.Instalaciones Complementarias.....               | 88  |
| 7.3.1.Cerco Perimetral.....                          | 88  |
| 7.3.2.Área de amortiguamiento y protección .....     | 88  |
| 7.3.3.Caseta de seguridad y Cuarto de Personal ..... | 89  |
| 7.3.4.Cartel de presentación .....                   | 89  |
| 7.4.Clausura del relleno sanitario.....              | 89  |
| 7.4.1.Acciones correctivas .....                     | 90  |
| 7.4.2.Restauración.....                              | 90  |
| 7.4.3.Uso del terreno .....                          | 90  |
| CAPÍTULO 8.....                                      | 91  |
| ALTERNATIVAS DE REUTILIZACIÓN Y RECICLAJE .....      | 91  |
| 8.1.Reutilización de residuos sólidos .....          | 91  |
| 8.2.Reciclaje de residuos sólidos .....              | 91  |
| 8.2.1.Reciclaje de fundas .....                      | 92  |
| 8.2.2.Papel reciclado .....                          | 92  |
| 8.2.3.Reciclaje de plástico PET.....                 | 93  |
| 8.3.Compostaje.....                                  | 94  |
| 8.3.1.Técnica de compostaje .....                    | 94  |
| 8.3.2.Fases de compostaje.....                       | 96  |
| CAPÍTULO 9.....                                      | 97  |
| SOCIALIZACIÓN .....                                  | 97  |
| CONCLUSIONES .....                                   | 98  |
| RECOMENDACIONES.....                                 | 100 |
| LISTA DE REFERENCIA .....                            | 101 |
| ANEXOS .....   | 105 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1. Representación gráfica del cuarteo de residuos sólidos .....             | 8  |
| Figura 2. Mapa de ubicación del recinto Cristóbal Colón .....                      | 10 |
| Figura 3. Mapa de textura del suelo .....  | 11 |
| Figura 4. Mapa de orden taxonómico del suelo .....                                 | 12 |
| Figura 5. Precipitación .....  | 15 |
| Figura 6. Temperatura.....   | 16 |
| Figura 7. Humedad relativa.....  | 16 |
| Figura 8. Evapotranspiración .....   | 17 |
| Figura 9. Velocidad del viento .....   | 18 |
| Figura 10. Rosa de los vientos .....   | 18 |
| Figura 11. Balance hídrico .....   | 19 |
| Figura 12. Población por edad y género.....  | 20 |
| Figura 13. Bromelia .....  | 23 |
| Figura 14. Caladio .....   | 23 |
| Figura 15. Balsa .....   | 24 |
| Figura 16. Palma de coco .....   | 24 |
| Figura 17. Helechos .....  | 25 |
| Figura 18. Gunnera.....  | 25 |
| Figura 19. Tangara .....   | 26 |
| Figura 20. Gallina de monte.....   | 26 |
| Figura 21. Sapos.....  | 26 |
| Figura 22. Lagartija.....  | 26 |
| Figura 23. Grillos .....   | 27 |
| Figura 24. Saltamontes.....  | 27 |
| Figura 25. Distribución espacial de la muestra en el recinto Cristóbal Colón.....  | 31 |
| Figura 26. Codificación de bolsas .....  | 32 |
| Figura 27. Modelo de codificación de domicilios y establecimientos comerciales ... | 33 |
| Figura 28. Carta de presentación para el recinto Cristóbal Colón .....             | 33 |
| Figura 29. Ruta de recolección .....   | 34 |
| Figura 30. Código de viviendas .....   | 36 |
| Figura 31. Entrega de fundas .....   | 36 |
| Figura 32. Encuesta.....   | 36 |



|   |    |
|---|----|
| Figura 33. Realización de encuestas .....   | 36 |
| Figura 34. ¿Qué residuo genera en mayor cantidad? .....   | 37 |
| Figura 35. ¿En qué tipo de recipiente coloca los residuos? .....  | 37 |
| Figura 36. ¿El tacho de basura se encuentra tapado?.....  | 38 |
| Figura 37. ¿Cuenta con el servicio de recolección?.....   | 38 |
| Figura 38. ¿Con qué frecuencia se realiza la recolección? .....   | 39 |
| Figura 39. ¿Qué hace con la basura si no se realiza la recolección varios días? .....                             | 39 |
| Figura 40. ¿Está satisfecho con el servicio de recolección actual?.....   | 40 |
| Figura 41. ¿Estaría dispuesto a pagar por un servicio más eficiente?.....   | 40 |
| Figura 42. Valor dispuesto a pagar por un servicio más eficiente .....  | 41 |
| Figura 43. ¿Utiliza los residuos de comida para otro objetivo?.....   | 41 |
| Figura 44. ¿En qué utiliza los residuos de comida? .....  | 42 |
| Figura 45. ¿Qué realiza con los residuos reciclables?.....  | 42 |
| Figura 46. ¿Ha recibido alguna capacitación de la correcta separación de los<br>residuos?.....                    | 43 |
| Figura 47. ¿Tendría la disposición de realizar la separación de los residuos en su<br>casa/ establecimiento?..... | 43 |
| Figura 48. Recolección de bolsas de residuos sólidos .....  | 44 |
| Figura 49. Recolección de bolsas de residuos domiciliarios.....   | 44 |
| Figura 50. Método de cuarteo .....  | 51 |
| Figura 51. Homogenización de residuos .....   | 51 |
| Figura 52. Peso de residuos clasificados.....   | 51 |
| Figura 53. Clasificación de residuos .....  | 51 |
| Figura 54. Pesaje de la muestra.....  | 54 |
| Figura 55. Pesaje de la cápsula de porcelana .....  | 54 |
| Figura 56. Muestra sin humedad.....   | 55 |
| Figura 57. Sitio B .....  | 56 |
| Figura 58. Sitio A.....   | 56 |
| Figura 59. Zanja .....  | 68 |
| Figura 60. Zanja de emergencia .....  | 69 |
| Figura 61. Canal Interceptor de aguas de escorrentía .....  | 71 |
| Figura 62. Canal de escorrentía.....  | 72 |
| Figura 63. Zanja de lixiviados.....   | 74 |
| Figura 64. Celda diaria.....  | 76 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 65. Chimenea .....                                    | 78 |
| Figura 66. Pozo de monitoreo .....                           | 78 |
| Figura 67. Método de esquina o parada fija .....             | 80 |
| Figura 68. Método de acera.....                              | 81 |
| Figura 69. Vehículo de Recolección .....                     | 82 |
| Figura 70. Rutas de recolección .....                        | 83 |
| Figura 71. Canal de drenaje .....                            | 86 |
| Figura 72. Canal de drenaje principal y secundario .....     | 87 |
| Figura 73. Chimenea .....                                    | 87 |
| Figura 74. Método de Tresbolillo.....                        | 89 |
| Figura 75. Materiales de fundas plásticas .....              | 92 |
| Figura 76. Madejas de fundas plásticas .....                 | 92 |
| Figura 77. Papel reciclado de colores .....                  | 93 |
| Figura 78. Escoba de plástico PET .....                      | 94 |
| Figura 79. Compostaje .....                                  | 94 |
| Figura 80. Pila estática .....                               | 95 |
| Figura 81. Socialización en la Escuela 28 de Septiembre..... | 97 |
| Figura 82. Socialización.....                                | 97 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1. Característica de la estación meteorológica del INAMHI .....             | 13 |
| Tabla 2. Resultados de monitoreo de estación meteorológica Quinindé .....         | 14 |
| Tabla 3. Tamaño de la muestra de la población.....                                | 19 |
| Tabla 4. Población por edad y género .....  | 20 |
| Tabla 5. Establecimientos educativos .....  | 21 |
| Tabla 6. Censo cantón Quinindé .....  | 28 |
| Tabla 7. Tasas de crecimiento .....   | 29 |
| Tabla 8. Datos proyectados .....  | 29 |
| Tabla 9. Establecimientos comerciales .....                                       | 30 |
| Tabla 10. Domicilios .....  | 30 |
| Tabla 11. Resultados de la muestra.....   | 31 |
| Tabla 12. Muestra contingente .....   | 31 |
| Tabla 13. Registro de empadronamiento de viviendas .....                          | 34 |
| Tabla 14. Registro de empadronamiento de instituciones educativas.....            | 35 |
| Tabla 15. Registro de empadronamiento tiendas .....                               | 35 |
| Tabla 16. Registro de empadronamiento industria .....                             | 35 |
| Tabla 17. Registro de peso de residuos sólidos de instituciones educativas.....   | 45 |
| Tabla 18. Registro de peso de residuos sólidos de tiendas .....                   | 45 |
| Tabla 19. Registro de pesos de residuos sólidos en la industria “Ecomadera” ..... | 46 |
| Tabla 20. Registro de peso residuos sólidos domiciliarios .....                   | 46 |
| Tabla 21. Generación de residuos sólidos.....                                     | 48 |
| Tabla 22. Dimensiones del cilindro .....  | 49 |
| Tabla 23. Densidad suelta de residuos sólidos .....                               | 50 |
| Tabla 24. Composición física de residuos sólidos .....                            | 53 |
| Tabla 25. Humedad de los residuos orgánicos .....                                 | 55 |
| Tabla 26. Cuadro de aptitud .....   | 57 |
| Tabla 27. Evaluación del lugar de construcción del relleno sanitario manual ..... | 58 |
| Tabla 28. Parámetros de diseño .....  | 63 |
| Tabla 29. Características del relleno sanitario .....                             | 65 |
| Tabla 30. Diseño de zanjas.....   | 66 |
| Tabla 31. Resultados diseño de zanjas .....                                       | 67 |
| Tabla 32. Interceptor de aguas de escorrentía .....                               | 69 |

|  |    |
|--|----|
| Tabla 33. Resultados canal interceptor de aguas de escorrentía ..... | 71 |
| Tabla 34. Diseño del sistema de drenaje de lixiviados .....          | 72 |
| Tabla 35. Resultados sistema de drenaje de lixiviados .....          | 74 |
| Tabla 36. Diseño de la celda diaria .....                            | 75 |
| Tabla 37. Resultados celda diaria.....                               | 76 |
| Tabla 38. Número de trabajadores .....                               | 76 |
| Tabla 39. Resultados mano de obra .....                              | 77 |
| Tabla 40. Presupuesto .....  | 79 |
| Tabla 41. Frecuencia de recolección.....                             | 82 |
| Tabla 42. Informe diario de actividades de recolección .....         | 84 |

## ÍNDICE DE ANEXOS

|   |     |
|---|-----|
| Anexo 1. Generación per cápita de residuos sólidos.....                           | 105 |
| Anexo 2. Generación per cápita por establecimiento comercial.....                 | 106 |
| Anexo 3. Muestras sospechosas .....   | 107 |
| Anexo 4. Generación per cápita domestica real.....                                | 108 |
| Anexo 5. Clasificación de suelos .....  | 109 |
| Anexo 6. Capacidad portante del suelo.....  | 110 |
| Anexo 7. Curvas de nivel del sitio de ubicación del relleno sanitario manual – 2D | 111 |
| Anexo 8. Curvas de nivel del sitio de ubicación del relleno sanitario manual – 3D | 112 |
| Anexo 9. Diseño del relleno sanitario manual .....                                | 113 |

## **RESUMEN**

El presente proyecto, contiene el diseño de un relleno sanitario manual para el recinto Cristóbal Colón, para lo cual, fue necesario conocer la situación actual del lugar, en cuanto al medio biótico, físico y socioeconómico.

Primeramente, se seleccionó una muestra representativa de la población, distribuida entre domicilios y establecimientos comerciales, con el fin de recolectar sus residuos durante ocho días y caracterizarlos, mediante el método de cuarteo.

Una vez establecido el terreno óptimo para el diseño del relleno y en base a la generación de residuos, se utilizó el método de zanjas o trinchera, considerando los criterios establecidos en la Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS).

Posteriormente, se establecieron las rutas y horarios de recolección tomando en cuenta los métodos de acera, parada fija y óptima para el desarrollo del mismo. Además, se estableció alternativas de reutilización y reciclaje para los residuos que se generan en mayor porcentaje en la comunidad.

Finalmente, para dar a conocer el proyecto desarrollado, se realizó la socialización en la institución educativa “28 de Septiembre”, industria “Ecomadera” y en la casa barrial, con el fin de concienciar a la población y obtener una aceptación para mejorar la situación actual en cuanto a la disposición final de los residuos.

## **ABSTRACT**

This project, contains the design of a manual sanitary landfill for the recinto Cristóbal Colón, for which it was necessary to know the current situation, with regard to biotic, physical and socio-economic environment.

First, is selected representative sample of the population, distributed among households and commercial establishments, in order to collect their waste for eight days and characterized by the quartering method.

Once established the optimal way for the design of the landfill and based on waste generation method ditches or trenches was used, considering the criteria established in the Pan American Center for Sanitary Engineering and Environmental Sciences (CEPIS).

Subsequently, the collection routes and schedules are established taking into account the methods of sidewalk and park position, optimal for development. Furthermore, reuse and recycling alternatives for waste generated at a higher rate in the community was established.

Finally, to publicize the project developed socialization took place in the school "28 de Septiembre", industry "Ecomadera" and the neighborhood home to raise awareness and gain acceptance to improve the current situation regarding the disposal of waste.

## INTRODUCCIÓN

A lo largo de los años, en el recinto Cristóbal Colón, parroquia Malimpia, cantón Quinindé, provincia de Esmeraldas, la correcta gestión de los residuos sólidos se ha convertido en una necesidad de la comunidad; sobre todo en la etapa de disposición final de los mismos.

En el recinto Cristóbal Colón, no se contaba con el servicio de recolección de residuos por lo cual, se disponía en un agujero no controlado, ubicado dentro de la comunidad y aledaño a ciertas viviendas. Sin embargo, éste colapsó, quedando así una abertura en la que se puede distinguir a simple vista los residuos, es decir, no existe un cierre técnico apropiado de dicho colector.

En la actualidad, la comunidad cuenta con el servicio de recolección proporcionado por el Municipio de Quinindé, el cual se realiza cada quince días con irregularidad. Pese a ello, existe el inconveniente de que el tiempo transcurrido hasta la llegada del carro recolector, no es el adecuado ya que los habitantes de la zona, acumulan los residuos y varios pobladores optan por otras alternativas para eliminarlos; una de éstas es arrojar al barranco todos los residuos generados.

Al conocer la problemática de los residuos que existe en el recinto, surgió la idea de proponer el diseño de un relleno sanitario manual, a fin de que sirva de instrumento para la comunidad y las autoridades encargadas lo utilicen como una alternativa para la disposición adecuada de los residuos. Cabe destacar, que los acontecimientos indicados anteriormente, son respaldados por el Ing. Víctor Garófalo, presidente del recinto Cristóbal Colón, complementando con observación personal de las autoras de la presente investigación.



## **CAPÍTULO 1**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1.Descripción del problema**

El recinto Cristóbal Colón, presenta inconvenientes en cuanto al manejo de los residuos, ya que actualmente el sistema de recolección no satisface a la comunidad. Esto se debe al lapso en el que se realiza el servicio, pues en ocasiones deja al recinto acumulado de residuos, por lo que algunos habitantes optan por alternativas rápidas y fáciles, arrojando al barranco o quemando. Provocando mal olor y presencia de vectores que son perjudiciales para la salud de los pobladores, especialmente aquellos que viven aledaños a éste.

Además, puede acarrear pérdidas económicas y degradación de los recursos ambientales, ya que junto al barranco atraviesa el río Canandé, el cual es un atractivo turístico de la población.

#### **1.2.Definición y planteamiento del problema**

La situación actual de residuos que atraviesa el recinto Cristóbal Colón, fue el incentivo para el planteamiento del presente proyecto de investigación, de modo que, es importante enfocarnos en el origen de la problemática para cuestionarnos las siguientes preguntas que permitirán establecer los puntos estratégicos del referido proyecto.

##### **1.2.1. Preguntas de investigación**

###### **a. Pregunta principal:**

- ¿Cómo evitar la incorrecta disposición final y la acumulación de los residuos sólidos en las viviendas del recinto Cristóbal Colón, tomando en cuenta que el servicio de recolección actual es deficiente?

###### **b. Preguntas subordinadas:**

- ¿Qué aceptación tendrían los habitantes del recinto Cristóbal Colón, para la implementación de un proyecto de diseño de un relleno sanitario manual, como posible alternativa de solución ante la situación actual?

- ¿Estarían dispuestos los pobladores del recinto Cristóbal Colón, a pagar mensualmente por un servicio de recolección y disposición final de residuos más eficiente, de modo que, mejore la situación presente en cuanto a las rutas y horarios de recolección?
- ¿Qué disponibilidad tendría la comunidad del recinto Cristóbal Colón, para separar y reutilizar los residuos adecuadamente, con el fin de reducir el volumen de residuos en la fuente?

### **1.3.Objetivos del proyecto**

#### **1.3.1. Objetivo general**

- Diseñar un relleno sanitario manual para el recinto “Cristóbal Colón” provincia de Esmeraldas; destinado a la disposición final de los residuos sólidos.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Levantar una línea base de la situación actual de los residuos sólidos correspondiente al recinto “Cristóbal Colón”.
- Realizar la caracterización de residuos sólidos mediante el método de cuarteo.
- Planificar rutas y horarios de recolección.
- Generar alternativas de reciclaje y reutilización de residuos sólidos.
- Utilizar los residuos orgánicos para obtener compostaje.
- Socializar el proyecto en fase de diseño del relleno sanitario manual.

### **1.4.Hipótesis o supuestos del proyecto**

Se supone que el diseño de un relleno sanitario manual para el recinto Cristóbal Colón, debería adecuarse a un lugar que cumpla con las condiciones técnicas y ambientales para su desarrollo.

### **1.5.Delimitación de estudio**

El proyecto propuesto, consiste en realizar el diseño de un relleno sanitario manual, para el recinto “Cristóbal Colón”, ubicado en la parroquia Malimpia, cantón Quinindé, provincia de Esmeraldas, que se llevará a cabo en un lapso de 6 meses.

## 1.6. Definición de términos

- **Caracterización:** proceso para determinar las características cualitativas y cuantitativas como son la identificación de los componentes físicos, químicos, biológicos y microbiológicos de una muestra de residuos sólidos (TULSMA, 2007, pág. 2).
- **Compostaje:** uso de residuos biodegradables para transformarlo en composta, mediante la degradación del mismo con la ayuda de microorganismos bajo condiciones controladas para la fijación de nutrientes y carbono útiles para las plantas (Rodríguez Salinas, Córdova, & Vásquez, 2006, pág. 99).
- **Desecho sólido:** es cualquier residuo no peligroso a excepción de excretas humanas o animales que se desechan comúnmente como por ejemplo elementos del barrido de calles. (TULSMA, 2007, pág. 2).
- **Disposición final:** es aquel lugar donde se destinan los residuos sólidos sean o no en condiciones controladas con el fin de evitar daños al ambiente (TULSMA, 2007, pág. 4).
- **Relleno Sanitario Manual/ Rústico:** corresponde al sitio donde se disponen los residuos sólidos que no sobrepasan las 50 ton/día, el cual consiste en colocar capas de tierra diariamente, no necesita de maquinaria costosa sino solamente palas. Es importante mencionar que es un proceso para poblaciones pequeñas. (Sánchez & Gándara, 2011, pág. 240).

## 1.7. Justificación

Una de las principales problemáticas en el Ecuador, es la mala disposición de los residuos sólidos, a medida que se ha ido mejorando la economía (consumismo) en nuestro país, los desechos sólidos van en aumento, y las soluciones ante este problema no han abarcado todas las provincias del Ecuador. En el caso de la provincia de Esmeraldas, existe una gran dificultad como es la falta de conciencia de la población, así como es el inadecuado tratamiento y manejo de los residuos sólidos por parte del Municipio de Esmeraldas.

Se ha evidenciado en el recinto Cristóbal Colón, parroquia Malimpia, cantón Quinindé; con una “extensión territorial de 204.420 hectáreas y 600 habitantes

aproximadamente” (Polanco, 2010) , un manejo inadecuado de residuos sólidos; por lo cual se plantea el diseño de un relleno sanitario manual.

La problemática, se debe al colapso del terreno destinado para la disposición final de los residuos sólidos, provocando que la comunidad se quede sin un lugar destinado para el mismo, cabe mencionar que dicho lugar se encontraba próximo a las viviendas, por ende; la comunidad se ha visto en la necesidad de solicitar al Municipio de Quinindé, la colaboración con la recolección de residuos sólidos, el mismo que se realiza cada quince días de manera irregular, volviéndose en un sistema de recolección deficiente; provocando la presencia de vectores, olores putrefactos, contaminación del suelo producto de los lixiviados, afecciones a la salud de la comunidad y degradación paisajística al ser una zona con potencial turístico.

Por lo cual, el diseño del relleno sanitario manual se adaptará a las condiciones locales de presupuesto, y costos de operación bajos. Así como, en la recuperación del terreno al final de su vida útil, convirtiéndolo en un lugar de recreación.

## **CAPÍTULO 2**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes**

Actualmente en Ecuador, se generan alrededor de 4,06 millones de toneladas métricas de residuos sólidos al año, sin embargo, pocas son las ciudades del país que cuentan con rellenos sanitarios para la disposición final de los mismos, pues el 72% de éstos son depositados en botaderos a cielo abierto, es decir, terrenos baldíos, quebradas, ríos en los cuales se arrojan desechos y generan impactos ambientales que perjudican directa e indirectamente a la salud de los habitantes. (Ministerio del Ambiente, 2014). Estos acontecimientos tienen lugar desde años atrás, pues según los resultados de los dos últimos censos de población y vivienda, se concluyó que tan solo 61 municipios del país cuentan con sitios de disposición final parcialmente controlados, es decir, sin una adecuada vigilancia ambiental, mientras que los restantes 160 municipios colocan sus residuos en botaderos a cielo abierto. (Ministerio del Ambiente, 2014).

Bajo estos antecedentes, el Ministerio del Ambiente crea el Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos (PNGIDS) en el año 2010, con el fin de promover a la gestión integral de residuos en los municipios del país, enfocándose a la construcción de rellenos sanitarios técnicamente controlados.

En la actualidad el PNGIDS, proporciona capacitaciones, planes y apoyo técnico para algunos GAD cantonales, ya que una de las metas propuestas para el año 2017 es el cierre técnico de todos los botaderos de residuos, para la implementación de rellenos sanitarios controlados (Ministerio del Ambiente, 2014).

#### **2.2. Relleno sanitario**

Un relleno sanitario es una instalación segura y controlada destinada a la disposición final de residuos sólidos; el cual cuenta con una geo-membrana para la impermeabilización del suelo con el fin de evitar la percolación de lixiviados. Además, cuenta con equipos e instalaciones para el control de emisiones gaseosas y líquidas, así como maquinaria pesada que permitan la compactación o reducción del volumen de los residuos dispuestos. Cabe destacar que la implementación de esta instalación, permite la preservación de la salud pública, así como reducir los riesgos de

contaminación ambiental durante la fase de operación y clausura de la misma (Eguizobal, 2008).

### **2.2.1. Relleno sanitario manual**

Un relleno sanitario manual, se considera como una alternativa técnica económicamente factible para la construcción e implementación de un espacio técnicamente controlado para la disposición final de residuos sólidos. Es aplicable para aquellas poblaciones urbanas y rurales con menos de 30.000 habitantes, es decir que exista una generación de hasta 15 toneladas diarias de residuos.

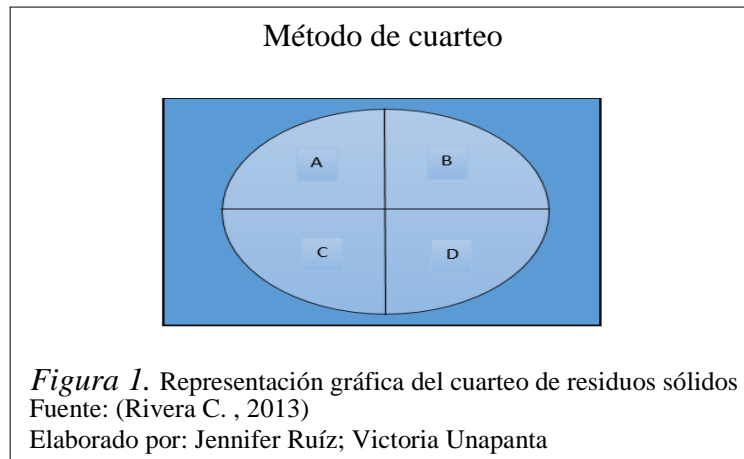
Es importante destacar, que este tipo de relleno únicamente requiere de equipo pesado para la adecuación del lugar, es decir, “la preparación de la base de soporte, la extracción de material de cobertura y la construcción de la vía interna” (CEPIS, 2002, pág. 57); por lo tanto, requiere de una cuadrilla de hombres y algunas herramientas para cumplir con todas las etapas de disposición de residuos.

### **2.3. Caracterización de residuos sólidos**

La caracterización de residuos sólidos, permite obtener información sobre la cantidad, densidad, composición física y humedad. Esta técnica, se realiza con una muestra representativa de viviendas de ámbito geográfico específico, con la finalidad de predecir el volumen de residuos que genera una población.

#### **2.3.1. Método de cuarteo**

El método de cuarteo, es una técnica que consiste en colocar sobre una superficie plana lisa y bajo techo los residuos sólidos recolectados de la muestra de una población, posteriormente los desechos se mezclan con la finalidad de homogeneizarlos, a continuación, la muestra se divide en cuatro partes iguales A, B, C y D para eliminar las partes opuestas A y D o B y C, repitiéndose el mismo procedimiento hasta obtener un mínimo de 50 Kg de residuos con los que se lleva a cabo la selección y cuantificación de subproductos (Rivera, 2013, pág. 2).



### **2.3.2. Selección y cuantificación de subproductos**

Mediante el método de cuarteo, se obtiene una muestra de 50 kg de residuos sólidos, que serán separados según la composición física a la que pertenezcan y cuantificados en función del peso total de la muestra seleccionada.

## **2.4. Planificación de rutas de recolección**

### **2.4.1. Recolección de residuos**

La recolección de residuos, es la etapa más importante de un sistema de gestión, ya que si es eficiente, las etapas siguientes serán fáciles de cumplir. Considerando que los residuos varían en dependencia de las características de las instalaciones donde se generan y del tipo de almacenamiento, existen diferentes tipos de recolección mencionadas a continuación:

- Método de esquina o de parada fija
- Método de acera
- Método intra-domiciliario o de llevar y traer
- Método de contenedores

(SEDESOL , 2010)

### **2.4.2. Diseño de rutas de recolección**

Consiste en diseñar los recorridos o rutas que el carro recolector debe realizar a lo largo de una jornada en una zona específica, independientemente del método de recolección utilizado. Para realizar la planificación de las rutas, es necesario contar con “información sobre la generación de residuos per cápita, la densidad de la

población y el número de usuarios, para así asignar la frecuencia de recolección, la capacidad, el tipo de vehículo, el número de viajes al sitio de disposición final” (Rivera G. , 2005). Además, hay que considerar la ubicación de los puntos críticos de generación de residuos y el método de recolección a utilizar.

## **2.5. Alternativas de reciclaje y reutilización de residuos sólidos**

Actualmente, existen varias alternativas para el aprovechamiento de residuos desde realización de manualidades, hasta la producción de nuevos materiales en procesos industriales o también conocido como reciclaje.

### **2.5.1. Reutilización de residuos sólidos**

La reutilización de residuos, consiste en alargar el tiempo de vida útil de un material desechado, utilizándolo para un mismo o distinto propósito, de esta manera se evita la acumulación de residuos en los rellenos sanitarios y botaderos de basura.

### **2.5.2. Reciclaje de residuos**

El reciclaje significa utilizar los residuos o parte de ellos como materia prima, es decir que los residuos utilizados y descartados son usados para producir nuevos materiales iguales o distintos, de tal manera que permite ahorrar agua y energía. Los materiales más reutilizados son el papel, cartón y los plásticos.

### **2.5.3. Compostaje de residuos**

Esta técnica, se basa en procesos biológicos, que consiste en la degradación aerobia de la materia orgánica en condiciones controladas (formación, tiempo y olores), para producir un acondicionador de suelos de valor comercial. El producto final es rico en materia orgánica, convirtiéndolo en un buen acondicionador de suelo (Gilbert & Wendell, 2008, págs. 676,677).



## CAPÍTULO 3

### LÍNEA BASE

#### 3.1. Ubicación geográfica

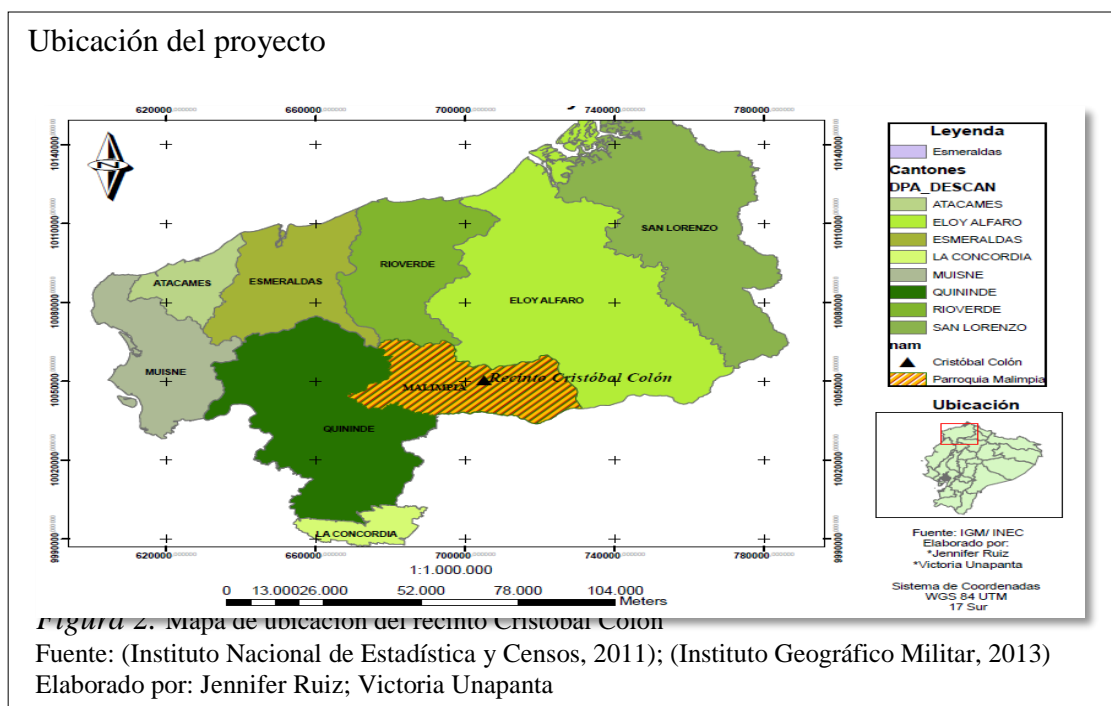
**Provincia:** Esmeraldas

**Cantón:** Quinindé

**Parroquia:** Malimpia

**Malimpia** limita al **norte:** cantones Eloy Alfaro (parroquia Telembí) y Rio verde (parroquia Chumundé), **sur:** recinto Las Golondrinas, **este:** parroquia Telembí, cantón Eloy Alfaro, **oeste:** parroquias Chura y Quinindé (urbana). El recinto **Cristóbal Colón**, limita al norte: recinto “La Simón”, sur: recinto “La Te”, este: zona baja de la Reserva Ecológica Cotacachi Cayapas y oeste: Recinto “Zapallo”.

**Extensión Territorial:** 204.420 hectáreas



#### 3.2. Medio físico

##### 3.2.1. Suelo

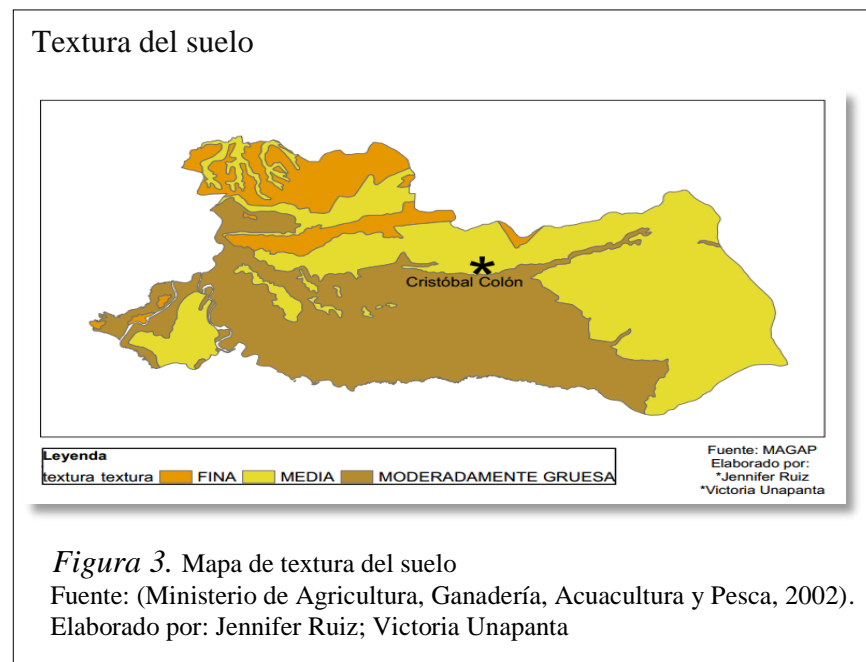
###### 3.2.1.1. Textura del Suelo

La textura del suelo, permite determinar el contenido de diferentes tamaños de partículas ya sean arena, limo o arcilla, de la cual depende la facilidad de trabajo del

suelo, cantidad de agua, aire que retiene, y velocidad de filtración del agua. (FAO, 2014).

El suelo en la parroquia de Malimpia, se caracteriza por tener texturas: finas, medias y moderadamente gruesas, en lo que respecta al recinto Cristóbal Colón, comparten texturas de suelo en un mayor porcentaje textura moderadamente gruesa y en un menor porcentaje textura media.

Textura fina, corresponden a los suelos arcillosos, en los que se encuentran suelos arcillo limosos, arcillo arenoso o arcillosos, mientras que las de textura media son conocidas como suelo franco, dentro de este tipo de texturas se encuentran los limosos, franco limoso, franco y finalmente los de textura moderadamente gruesos que son los suelos franco arenosos (FAO, 2014).



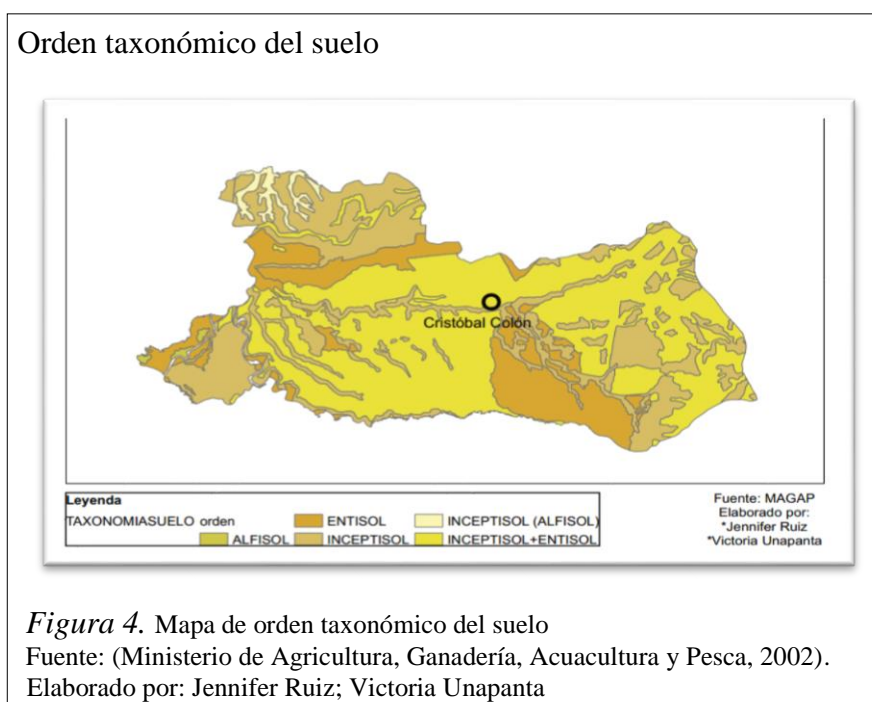
### 3.2.1.2. Taxonomía del Suelo

El orden taxonómico de la parroquia Malimpia son los siguientes:

- Alfisol: este orden taxonómico se caracteriza por tener un horizonte argílico, es decir con alto contenido de arcilla y son considerados suelos productivos (Nuñez Solís, 2000).
- Entisol: son suelos jóvenes formados sobre llanuras de inundación, se caracteriza por carecer de horizontes desarrollados, son pobres en materia orgánica (Nuñez Solís, 2000).

- Inceptisol: son suelos jóvenes al igual que los entisoles, pero más desarrollados, suelos con bajas temperaturas pero se suelen desarrollar en climas cálidos, una característica importante es que tienen alto contenido de materia orgánica (Nuñez Solís, 2000).

En la Figura 4 se puede evidenciar que en el recinto Cristóbal Colón corresponde la taxonomía de Inceptisol e Inceptisol- Entisol.



### 3.2.2. Hidrología

La principal unidad hidrográfica que atraviesa el recinto Cristóbal Colón, es la sub-cuenca del río Canandé, la cual, forma parte de la cuenca del río Esmeraldas, que recorre la provincia que lleva su mismo nombre y nace a partir de la unión del río Canandé y Guayllabamba, para desembocar en el Océano Pacífico. Se encuentra ubicado a un rango altitudinal de 5.877 msnm y posee una superficie de 547.324 ha. Sus afluentes más importantes son los ríos Blanco, el Guayllabamba, el Viche y el Tiaone (Ministerio del Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca, 2012).

### 3.2.3. Clima y meteorología

El área de estudio, se encuentra ubicada en la provincia de Esmeraldas, identificada por presentar un clima tropical monzónico según la clasificación de Wladimir Köppen.

Este clima, se caracteriza por presentar temperaturas medias mensuales que varían entre los 23 a 27°C y precipitaciones anuales entre 1000 a 2000 mm.

En la zona de estudio, la temperatura media mensual registrada es de 25,6°C, precipitaciones medias mensuales de 167,0 mm, humedad relativa de aproximadamente 82% y velocidad media del viento de 2,3 m/s.

La caracterización climatológica del área del proyecto, se realizó con los datos obtenidos en la estación meteorológica Quinindé (Convento Madres Lauritas) M0156, considerándose un periodo de tiempo de 6 años entre el 2006-2011.

Tabla 1. *Característica de la estación meteorológica del INAMHI*

| <b>Código de la estación</b> | <b>Nombre de la estación</b> | <b>Coordenadas Geográficas</b>        |                                     | <b>Altura m.s.n.m</b> | <b>Periodo</b> |
|------------------------------|------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------|----------------|
|                              |                              | <b>Latitud (<math>\lambda</math>)</b> | <b>Longitud (<math>\Phi</math>)</b> |                       |                |
| M0156                        | Quinindé                     | 0°19'10" N                            | 782200W                             | 115.00                | 1900 - 2013    |

Nota. Sistema de referencia PSAD56. Fuente: (INAMHI, 2014)

Elaborado por: Jennifer Ruiz; Victoria Unapanta

La caracterización climatológica de la estación Quinindé (Convento Madres Lauritas) M0156, se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 2. Resultados de monitoreo de estación meteorológica Quinindé

| ESTACIÓN QUININDE - PERÍODO ENERO 2006 - DICIEMBRE 2011 |       |       |       |       |                        |       |       |       |       |                |       |       |       |        |
|---|-------|-------|-------|-------|------------------------|-------|-------|-------|-------|----------------|-------|-------|-------|--------|
| Latitud: 0° 19' 10" N                                   |       |       |       |       | Longitud: 79° 26' 0" W |       |       |       |       | Altitud: M0156 |       |       |       |        |
| PARÁMETRO (Valores medios)                              | ENE   | FEB   | MAR   | ABR   | MAY                    | JUN   | JUL   | AGO   | SEP   | OCT            | NOV   | DIC   | Media | TOTAL  |
| PRECIPITACIÓN (mm)                                      | 361,6 | 300,3 | 315,0 | 285,1 | 176,1                  | 117,2 | 74,8  | 48,2  | 90,9  | 73,2           | 54,4  | 106,7 | 167,0 | 2003,4 |
| HUMEDAD RELATIVA (%)                                    | 87,7  | 86,0  | 86,2  | 84,8  | 84,8                   | 84,5  | 82,7  | 81,7  | 80,5  | 78,8           | 75,7  | 76,2  | 82,5  | 989,5  |
| TEMPERATURA MEDIA (°C)                                  | 24,9  | 25,7  | 25,8  | 26,5  | 26,3                   | 25,9  | 25,7  | 25,4  | 25,4  | 25,4           | 25,4  | 24,9  | 25,6  | 307,2  |
| VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)                              | 2,43  | 4,78  | 1,82  | 1,73  | 1,53                   | 1,47  | 2,08  | 2,32  | 1,40  | 1,80           | 3,00  | 2,93  | 2,3   | 27,3   |
| ETP J. BENAVIDES Y J. LÓPEZ (mm)                        | 115,0 | 124,5 | 125,1 | 133,7 | 131,7                  | 129,1 | 131,1 | 130,7 | 132,8 | 136,6          | 143,1 | 136,8 | 130,9 | 1570,2 |
| BALANCE HÍDRICO (mm)                                    | 246,6 | 175,8 | 189,8 | 151,4 | 44,4                   | -11,9 | -56,3 | -82,5 | -41,9 | -63,4          | -88,7 | -30,1 | 36,1  | 433,2  |
| ÍNDICE DE CALOR MENSUAL                                 | 11,4  | 11,9  | 12,0  | 12,5  | 12,3                   | 12,0  | 11,9  | 11,7  | 11,7  | 11,7           | 11,7  | 11,3  |       | 142,2  |
| ETP SIN CORREGIR  | 109,2 | 121,1 | 123,0 | 134,7 | 130,7                  | 124,1 | 120,7 | 116,2 | 115,8 | 116,6          | 116,9 | 108,2 |       |        |
| a   | 3,4   | 3,4   | 3,4   | 3,4   | 3,4                    | 3,4   | 3,4   | 3,4   | 3,4   | 3,4            | 3,4   | 3,4   |       |        |
| n   | 12,0  | 12,0  | 12,0  | 12,0  | 12,0                   | 12,0  | 12,0  | 12,0  | 12,0  | 12,0           | 12,0  | 12,0  |       |        |
| d   | 31,0  | 28,0  | 31,0  | 30,0  | 31,0                   | 31,0  | 30,0  | 31,0  | 30,0  | 31,0           | 30,0  | 31,0  |       |        |
| ETP THORNTHWAITE  | 112,8 | 113,1 | 127,1 | 134,7 | 135,0                  | 128,3 | 120,7 | 120,1 | 115,8 | 120,5          | 116,9 | 111,8 | 121,4 | 1457,0 |
| EXCEDENCIAS (mm)  | 248,8 | 187,2 | 187,8 | 150,4 | 41,1                   | -11,0 | -45,9 | -72,0 | -24,9 | -47,4          | -62,5 | -5,1  |       | 546,5  |
| DÉFICIT (mm)  |       |       |       |       |                        |       |       |       |       |                |       |       |       |        |

Nota. Sistema de referencia PSAD56. Fuente: (INAMHI, 2014)

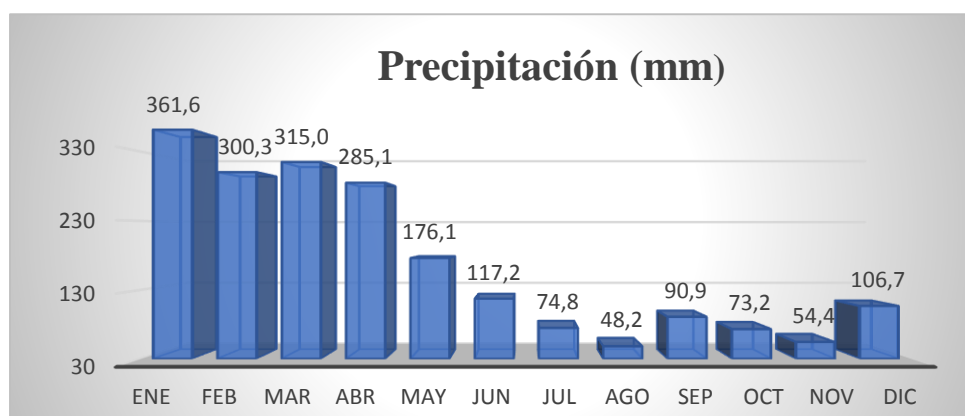
Elaborado por: Jennifer Ruiz; Victoria Unapanta

### 3.2.3.1. Precipitación

El cantón Quinindé, se caracteriza por presentar precipitaciones anuales muy abundantes, ya que éstas se encuentran por encima de los 2000 mm. Además, es importante resaltar que no se registran precipitaciones mensuales menores a 30 mm por lo tanto existe una distribución regular a lo largo del año de las mismas.

En la zona de estudio, el mayor índice de pluviosidad se registra en los meses de enero con 361,6 mm y 315,0 mm en marzo, mientras que, los valores más bajos se encuentran en el mes de Agosto con 48,2 mm y la precipitación total anual dentro del rango considerado es de 2026,8 mm.

Precipitación - estación M0156



*Figura 5.* Precipitación

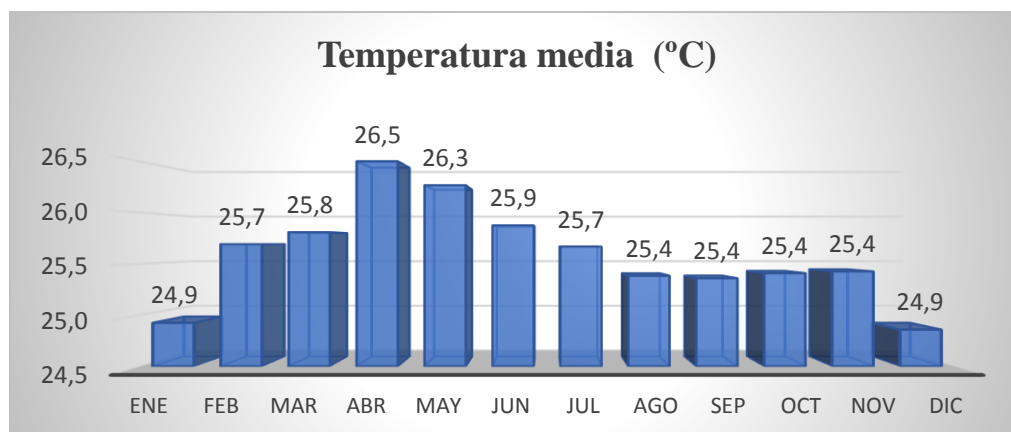
Fuente: (INAMHI, 2014)

Elaborado por: Jennifer Ruiz; Victoria Unapanta

### 3.2.3.2. Temperatura

El área de estudio, tiene una amplitud térmica muy alta de interior por presentar una temperatura media anual de 25,6°C. Además, se caracteriza por tener un verano caluroso y un invierno suave. Es importante destacar, que la temperatura más alta se encuentra en abril con 26,5°C, mientras que, los índices más bajos se registran en los meses de enero y diciembre con 24,9°C.

### Temperatura – estación M0156



*Figura 6.* Temperatura

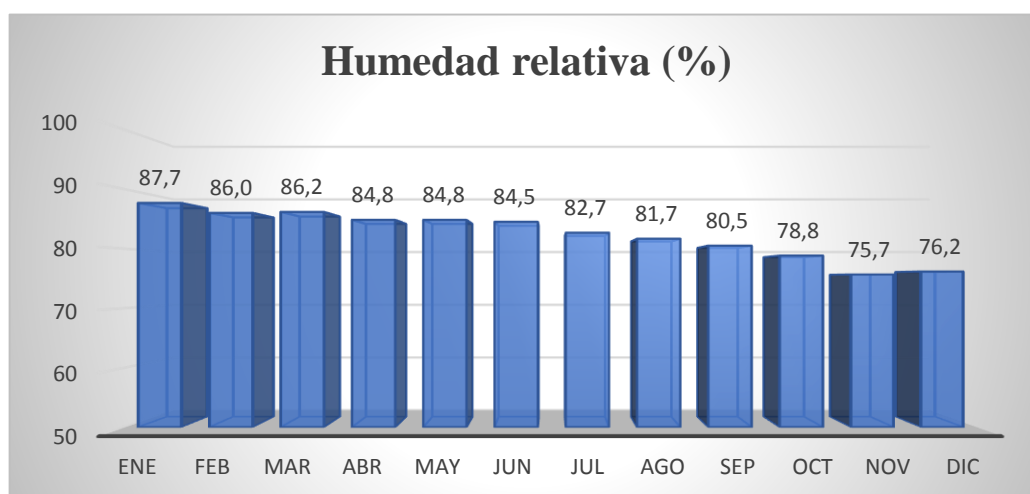
Fuente: (INAMHI, 2014)

Elaborado por: Jennifer Ruiz; Victoria Unapanta

### 3.2.3.3.Humedad relativa

La humedad relativa media registrada por la estación meteorológica M0156, es de 82,5% cuyo valor mínimo se encuentra en el mes de noviembre con 75,7% y el valor máximo en el mes de enero con 87,7%.

### Humedad relativa – estación M0156



*Figura 7.* Humedad relativa

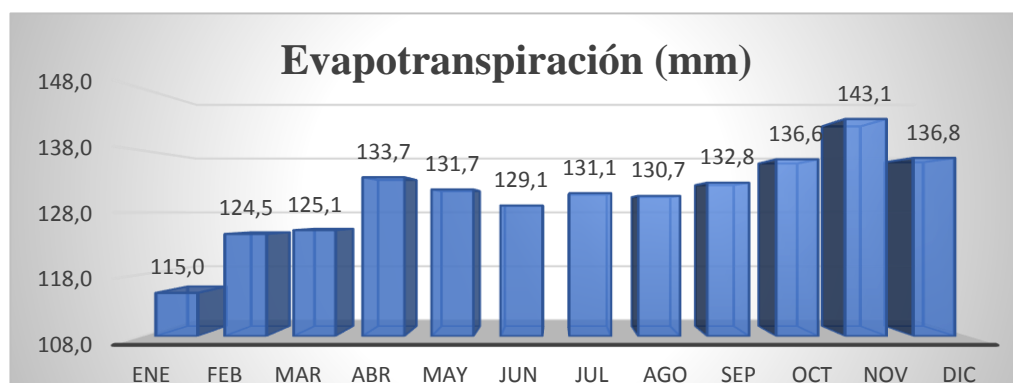
Fuente: (INAMHI, 2014)

Elaborado por: Jennifer Ruiz; Victoria Unapanta

### 3.2.3.4. Evapotranspiración

La evapotranspiración media anual obtenida es de 130,9mm; tomando en cuenta, que el mes con mayor índice de evapotranspiración es noviembre con 143,1mm, mientras que el mes más bajo es enero con 115,0mm, debido a que en este mes se registra menor temperatura en comparación a otros meses del año en la zona de estudio.

Evaporación media mensual



*Figura 8.* Evapotranspiración

Fuente: (INAMHI, 2014)

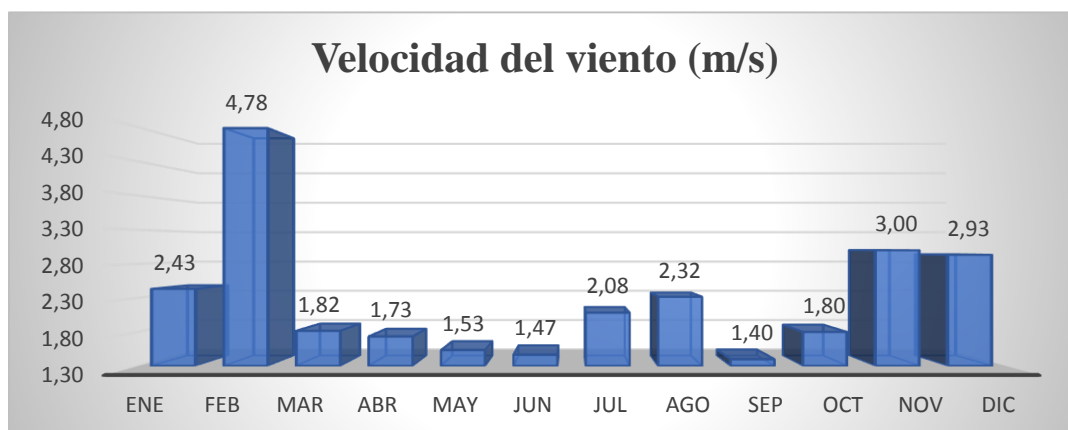
Elaborado por: Jennifer Ruiz; Victoria Unapanta

### 3.2.3.5. Velocidad del viento

La velocidad del viento registrada en la zona de estudio, es mínima ya que el valor medio es de 2,3 m/s, mientras que el índice máximo se encuentra en el mes de febrero con 4,78 m/s y los valores más bajos son en los meses de junio y septiembre con 1,47 y 1,40 m/s respectivamente, cuya predominancia del viento es hacia el noroeste.



### Velocidad del viento – estación M0156

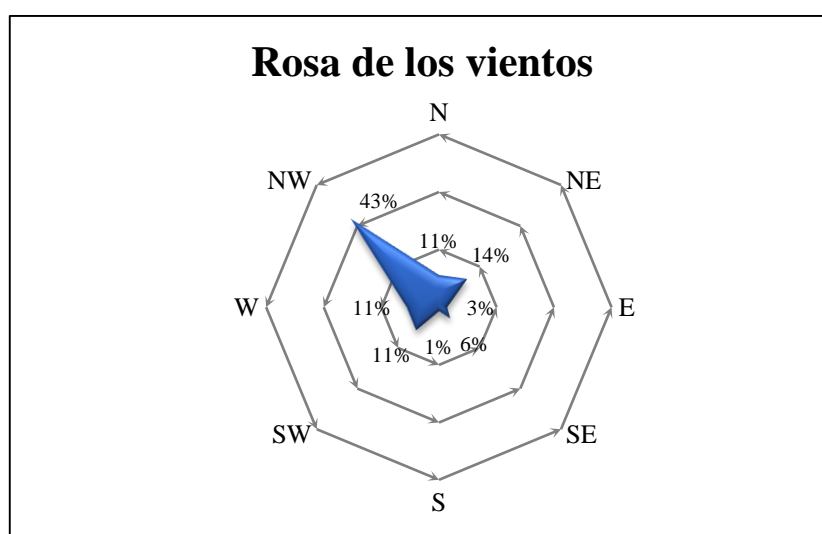


*Figura 9.* Velocidad del viento

Fuente: (INAMHI, 2014)

Elaborado por: Jennifer Ruiz; Victoria Unapanta

### Dirección del viento



*Figura 10.* Rosa de los vientos

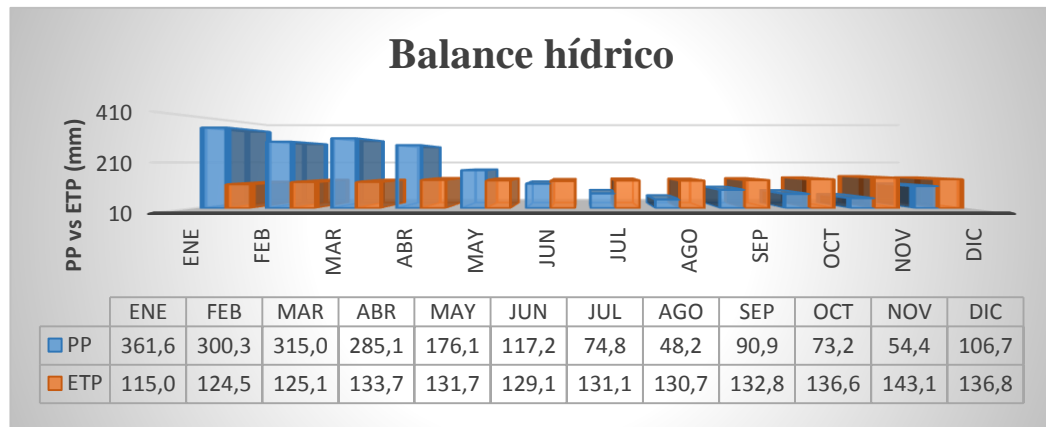
Fuente: (INAMHI, 2014)

Elaborado por: Jennifer Ruiz; Victoria Unapanta

### 3.2.3.6. Balance hídrico

En la zona de estudio al comparar la ETP con la precipitación, se puede observar que en los meses de enero, febrero, marzo, abril y mayo; existen excedentes o lluvia útil, mientras que en los meses de junio a diciembre, la evapotranspiración es mayor que la precipitación, por lo tanto existe un déficit de lluvia.

### Balance hídrico – estación M0156



*Figura 11.* Balance hídrico

Fuente: (INAMHI, 2014)

Elaborado por: Jennifer Ruiz; Victoria Unapanta

## 3.3. Medio socioeconómico

### 3.3.1. Criterios metodológicos

El estudio socioeconómico del presente proyecto, fue realizado en función de fuentes de investigación primarias y secundarias. Dentro de las fuentes primarias o de campo, se aplicó dos técnicas de investigación: encuestas y observación directa; mientras que en las fuentes secundarias, se utilizó revisión bibliográfica de estudios y tesis realizadas en el área del proyecto.

A continuación, se detalla la muestra definida en función del número de viviendas a las cuales se les realizó la encuesta.

*Tabla 3. Tamaño de la muestra de la población*

| Parroquia | Sector          | Número de viviendas | Muestra del número de viviendas |
|-----------|-----------------|---------------------|---------------------------------|
| Malimpia  | Cristóbal Colón | 104                 | 22                              |

Nota. Sistema de referencia PSAD56

Elaborado por: Jennifer Ruiz; Victoria Unapanta

### 3.3.2. Aspecto demográfico

Actualmente, en el recinto Cristóbal Colón, se estima que existen alrededor de 104 viviendas, cada una de ellas formadas por familias 5 personas. Por lo tanto, el área de influencia del proyecto, abarca aproximadamente 521 habitantes.

Según el censo de vivienda realizado en el recinto en el año 2008 por parte de la Unidad Educativa a Distancia de Esmeraldas, se obtuvo información cuantitativa sobre la edad y género de los habitantes del área del proyecto.

Tabla 4. *Población por edad y género*

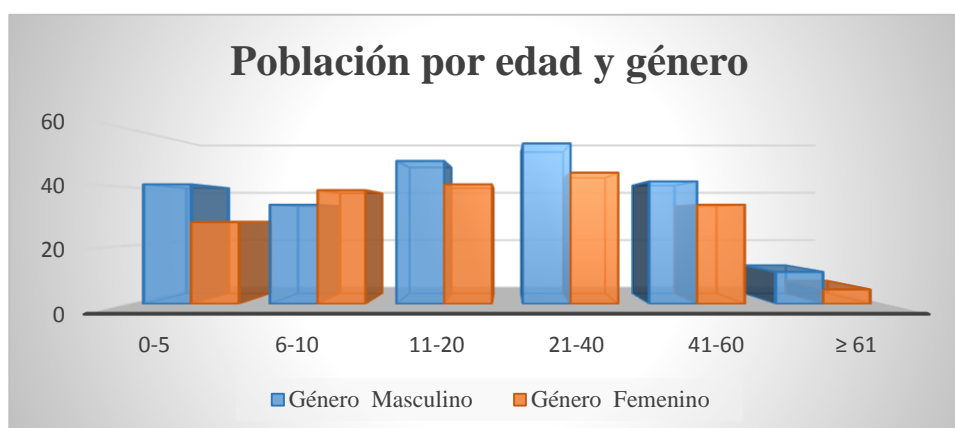
| Edad                       | Género     |            |
|----------------------------|------------|------------|
|                            | Masculino  | Femenino   |
| 0-5                        | 41         | 28         |
| 6-10                       | 34         | 39         |
| 11-20                      | 49         | 41         |
| 21-40                      | 55         | 45         |
| 41-60                      | 42         | 34         |
| ≥ 61                       | 11         | 5          |
| <b>Total de habitantes</b> | <b>232</b> | <b>192</b> |

Nota. Estadística de la población. Fuente: (Polanco , 2010)

Elaborado por: Jennifer Ruiz; Victoria Unapanta

Mediante el análisis de datos estadísticos, se determinó que el mayor porcentaje de población, que se encuentra en el área de estudio, son habitantes de 21 a 40 años de edad, pues conforman el 24% del total de la comunidad. Siendo este porcentaje representado por 55 hombres y 45 mujeres.

Población por edad y género



*Figura 12.* Población por edad y género

Fuente: (INAMHI, 2014)

Elaborado por: Jennifer Ruiz; Victoria Unapanta

### 3.3.3. Infraestructura vial y medios de transporte

El recinto Cristóbal Colón, cuentan con el servicio de transporte de la cooperativa Quinindé, que cumple con la ruta Santo Domingo – Cristóbal Colón.

Cabe destacar que la comunidad, cuenta con caminos sin pavimentar, senderos y dos carreteras de acceso de segundo orden las cuales serán descritas a continuación:

- Carretera Quinindé: esta vía se encuentra formada por tramos asfaltados de fácil accesibilidad y caminos de tierra que no se encuentran en buen estado. A través de esta ruta se tarda en llegar una hora y media al recinto (Polanco , 2010).
- Carretera Pedro Vicente Maldonado: al igual que la vía anteriormente mencionada, se encuentra formada por vías parcialmente asfaltadas y tardas en llegar a la comunidad una hora y media aproximadamente.

Cabe mencionar que estas carreteras se unen en el recinto las Golondrinas para formar una sola vía hasta la comunidad Cristóbal Colón.

### 3.3.4. Instituciones educativas

Actualmente, en la zona del proyecto existen dos centros educativos fiscales de modalidad presencial; como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 5. *Establecimientos educativos*

| Tipo de establecimiento | Nombre de la institución                              | Modalidad             |
|-------------------------|---|-----------------------|
| Escuela                 | Escuela Fiscal 28 de Septiembre                       | Matutina              |
| Guardería               | Centro Infantil del Buen Vivir<br>Risitas del Canandé | Matutina y Vespertina |

Nota. Información en campo

Elaborado por: Jennifer Ruiz; Victoria Unapanta

### 3.3.5. Actividades productivas

Las actividades productivas a las que se dedican la mayoría de los habitantes de la comunidad son: agricultura, ganadería y operarios de la empresa Ecomadera.

- **Agricultura**

La mayoría de los pobladores, se dedican principalmente al cultivo de productos típicos de la zona como maíz, cacao, palma africana, naranja, papaya, verde y plátano, los cuales se producen para fines comerciales y autoconsumo.

- **Ganadería**

En el área de estudio, la ganadería es una de las actividades principales de la comunidad en especial la avicultura, por los beneficios de carne y huevos que estos brindan, así como la crianza de ganado porcino. Como se mencionó en la agricultura su producción es con fin comercial y autoconsumo.

- **Industria**

En el recinto Cristóbal Colón, se encuentra ubicada la empresa maderera “Ecomadera”, que utiliza como materia prima pambil (*Wettinia*), dormilón (*Pentaclethra macroloba*) , guayacán (*Tabebuia chrysantha*), caoba (*Swietenia macrophylla*); pero principalmente se trabaja con balsa (*Ocrotoma pyramidale*), por su rápido desarrollo ya que las condiciones climáticas y altitud son favorables para su crecimiento.

Esta empresa es de suma importancia para la población ya que la mayoría de los habitantes de la comunidad tanto hombres como mujeres trabajan en esta industria, en turnos rotativos y con los equipos de protección personal (EPP) necesarios para el desarrollo en las diferentes etapas de los procesos de la industria.

### **3.3.6. Servicios básicos**

La población del área de estudio cuenta con los siguientes servicios básicos:

- **Agua:** el agua proporcionada se extrae del río Canandé, para realizar sus actividades durante el lapso de siete de la mañana a seis de la tarde.
- **Luz eléctrica:** todas las viviendas del recinto poseen este servicio y el sistema de alumbrado público.
- **Teléfono:** en su mayoría usan teléfonos celulares y una pequeña parte de población cuenta con teléfono convencional.

### 3.4. Medio biótico

#### 3.4.1. Flora

El recinto Cristóbal Colón, al pertenecer a Esmeraldas, denominada “la provincia verde” y al limitar con la Reserva Ecológica Cotacachi Cayapas, se caracteriza por su variedad de especies de flora, que embellece y hacen un ambiente turístico agradable. En el territorio de la parroquia de Malimpia, se encuentra un ecosistema de Bosque Húmedo Tropical (Gobierno Autónomo Decentralizado Parroquial Malimpia, 2014).

Las especies más representativas que se evidencian en la zona:

**Bromelias (*Mezobromelia capituligera*):** son plantas monocotiledóneas, las cuales poseen la característica de retener agua, generando reservorios, las cuales les permiten interactuar con comunidades ecológicas que incluyen protozoos unicelulares entre otros (Jardín Botánico de Quito, 2014).

**Orquídeas (*Oncidium*):** son las plantas más abundantes en la Tierra, ya que representa una de cada 10 especies en el mundo y en el Ecuador una de cada 4 especies de plantas son orquídeas. Las cuales se caracterizan por ser adaptativas y que pueden crecer sobre árboles o en el suelo (Pérez, Coloma Román, Checa, & Salazar, 2005, pág. 36).

**Caladio (*Caladium Bicolor*):** es una planta herbácea perenne conocida como oreja de elefante, son de color verde con varios colores rojo, blanco en su haz y la nervadura primaria generalmente es roja (Sánchez de Lorenzo Caceres, 2001).

Oncidium



*Figura 14.* Bromelia  
Fuente: Verde Canandé Voluntarios Turismo  
Elaborado por: Jennifer Ruiz, Victoria Unapanta

Caladium Bicolor



*Figura 13.* Caladio  
Elaborado por: Jennifer Ruíz; Victoria Unapanta

**Balsa (*Ocrhoma pyramidale*):** es un árbol que alcanza 30m de altura, su crecimiento óptimo es en suelos profundos con buena aireación es decir no toleran los suelos con baja humedad (Ecuador Forestal, 2012).

En el Recinto Cristóbal Colón la balsa es utilizada como una fuente económica al ser un árbol que tiene un crecimiento rápido entre 4 a 7 años permitiéndoles ser productores de balsa para comercializar internacionalmente.

**Palma de Coco (*Cocos Nuciferas*):** el cocotero conocido comunmente es una palmera que alcanza alturas de 10 a 15m. Además, son plantaciones de coco en monocultivo, como su nombre mismo lo indica su producto principal es el coco (Borgtoft Pedersen & Balslev, 1993, pág. 25); (León, 2000, pág. 372).

**Palma africana de aceite (*Elaeis guineensis*):** “la palma africana es la oleaginosa de mayor rendimiento” (León, 2000, pág. 378). El aceite que produce esta palma es rico en ácidos grasos no saturados (Borgtoft Pedersen & Balslev, 1993, pág. 25).

Sin embargo las plantaciones de palma de aceite han causado un gran impacto tanto social como ambiental, ya que al ser un producto potencial para la industrialización de palmiticultoras y debido al auge se están deforestando grandes extensiones de selva para plantaciones de palma de aceite afectando a poblaciones aledañas o comunidades autóctonas (Pacheco, 2011).

*Ocrhoma pyramidale*



**Figura 16.** Balsa  
Fuente: Verde Canandé  
Elaborado por: Jennifer Ruíz; Victoria Unapanta

*Cocos Nuciferas*



**Figura 15.** Palma de coco  
Elaborado por: Jennifer Ruíz; Victoria Unapanta

**Gunnera (*Gunnera manicata*):** esta planta es muy útil para la comunidad ya que tiene una similitud con la de un paraguas.

**Palmito (*Chamaerops humilis* L):** el palmito es una fuente económica para la zona, aunque tiene poco valor nutricional pero si proteico se cultiva, cabe recalcar que el



palmito en su cosecha se mata al tronco siendo poco rentable para la comercialización de este producto (Borgtoft Pedersen & Balslev, 1993, pág. 122).

**Helechos (*Pteridofito*):** son plantas vasculares sin semilla, que se caracterizan por sus hojas largas y pinnadas.

Pteridofito



*Figura 17.* Helechos

Elaborado por: Jennifer Ruíz; Victoria Unapanta

*Gunnera manicata*



*Figura 18.* Gunnera

Elaborado por: Jennifer Ruíz; Victoria Unapanta

### 3.4.2. Fauna

El recinto Cristóbal Colón, se caracteriza por tener una gran biodiversidad de aves, reptiles, mamíferos, peces, anfibios, crustáceos e insectos.

#### Mamíferos

En el recinto Cristóbal Colón existen alrededor de 65 especies de mamíferos en las que se pueden mencionar las más representativas: Murciélago de fruta (*Cynopterus Sphinx*), guanta (*Cuniculus taczanowskii*), mono araña (*Ateles geoffroyi*), tigrillo (*Leopardus pardalis*), vacas (*Bos primigenius Taurus*), burros (*Equus africanus asinus*) (Polanco, 2010); (Gobierno Autónomo Decentralizado Parroquial Malimpia , 2014).

#### Aves

A continuación se enlistan las aves más representativas de la zona:

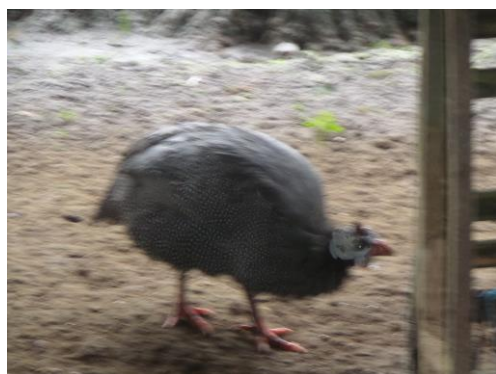
- Gorrión (*Passer domesticus*)
- Golondrina (*Hirundo rustica*)
- Carpintero (*Colaptes melanochloros*)



- Loro cabeza azul (*Amazona farinosa*)
- Tangara (*Tangara girola*)
- Gallina Guinea (*Numida meleagris*)

(Gobierno Autónomo Decentralizado Parroquial Malimpia , 2014).

*Numida meleagris*



*Figura 20.* Gallina de monte  
Elaborado por: Jennifer Ruíz; Victoria Unapanta

*Tangara girola*



*Figura 19.* Tangara  
Elaborado por: Jennifer Ruíz; Victoria Unapanta

## Reptiles y Anfibios

“Se puede determinar la presencia de 4 órdenes de la clase Reptilia que son: Crocodylia (Tulisios), Sauria (lagartijas), Serpenta (culebras), 2 órdenes de la clase Anfibia: Anura (Sapos o ranas) y Caudata (salamandras o sapos)” (Polanco, 2010).

*Sauria*



*Figura 21.* Lagartija  
Elaborado por: Jennifer Ruíz; Victoria Unapanta

*Anura*



*Figura 22.* Sapos  
Elaborado por: Jennifer Ruíz; Victoria Unapanta

## Peces

- Sábalo (*Prochilodus lineatus*)
- Guaña

## Moluscos y Crustáceos

- Caracoles (*Helix aspersa*)
- Babosas (*Limaco*)
- Camarón de río (*Samastacus spinifrons*)

## Insectos

- Saltamontes ( *Saltus-Montus*)
- Grillos (*Gryllus campestris*)
- Mariposas
- Mosquitos
- Escarabajos (*Oryctes nasicornis* )

Saltus-Montus



*Figura 23.* Saltamontes

Elaborado por: Jennifer Ruíz; Victoria Unapanta

Gryllus campestris



*Figura 24.* Grillos

Elaborado por: Jennifer Ruíz; Victoria Unapanta

## CAPÍTULO 4

### CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

#### 4.1. Etapa de planificación

La etapa de planificación, consiste en conocer datos de la población, de no existir dicha información se realizan proyecciones con el fin de obtener datos reales. Además, de obtener una muestra para la investigación y todos los instrumentos necesarios para llevar a cabo la caracterización de los residuos.

##### 4.1.1. Proyección de la población 2014

Dado que no existe información relacionado al número de habitantes del recinto Cristóbal Colón en el INEC, fue necesario efectuar una proyección en base a 424 habitantes obtenido del censo 2008, realizado por la Unidad Educativa a Distancia de Esmeraldas (Polanco, 2010).

Tabla 6. *Censo cantón Quinindé*

| Censo (año)     | Número de habitantes |
|-----------------|----------------------|
| 1990            | 62680                |
| 2001            | 88337                |
| Proyección 2014 | 134973               |

Nota. (El Instituto Nacional de Estadística y Censos , 2014)  
Elaborado: Jennifer Ruiz; Victoria Unapanta

#### Tasa de Crecimiento

$$Tc = [(Pf/Pi)^{\frac{1}{t}} - 1]$$

*Donde:*

Tc = Tasa de crecimiento

Pf = Población en el año final (habitantes)

Pi = Población en el año inicial (habitantes)

t = Tiempo transcurrido entre el momento de referencia de la población inicial y la población final (años).

Tabla 7. *Tasas de crecimiento*

| Tasa de crecimiento | Porcentaje |
|---------------------|------------|
| Quinindé            | 3,2        |
| Cristóbal Colón     | 3,5        |

Nota. Tasa de crecimiento para el cantón Quinindé y el recinto Cristóbal colón  
Elaborado por: Jennifer Ruiz; Victoria Unapanta

### Proyección

Como se mencionó anteriormente, el único dato específico del número de habitantes del recinto Cristóbal Colón corresponde al año 2008 con 424 habitantes, por lo cual se realizó una relación con la población de Quinindé del mismo año, para aproximarse al número de habitantes del año 2014.

$$P_f = P_i \left(1 + \frac{T_c}{100}\right)^t$$

Donde:

$P_f$  = Población en el año final (habitantes).

$t$  = tiempo transcurrido entre el momento de referencia de la población inicial y la población final (años).

$P_i$  = Población en el año inicial (habitantes).

$T_c$  = Tasa de crecimiento

Tabla 8. *Datos proyectados*

| Proyección (años)    | Número de habitantes |
|----------------------|----------------------|
| Quinindé 2008        | 109893               |
| Cristóbal Colón 2014 | 521                  |

Nota. Proyección para el cantón Quinindé y el recinto Cristóbal colón  
Elaborado por: Jennifer Ruiz; Victoria Unapanta

#### 4.1.2. Muestra de la Investigación

La investigación se realizó mediante una muestra de establecimientos comerciales y domiciliarios, que representa el total de los establecimientos y viviendas en el recinto Cristóbal Colón, permitiendo llevar a cabo la caracterización de los residuos sólidos.

Tabla 9. *Establecimientos comerciales*

| <b>Actividad comercial</b> | <b>Cantidad de Establecimientos</b> | <b>Porcentaje</b> |
|----------------------------|-------------------------------------|-------------------|
| Instituciones educativas   | 2                                   | 25                |
| Industria                  | 1                                   | 13                |
| Tiendas                    | 5                                   | 63                |
| <b>Total</b>               | <b>8</b>                            | <b>100</b>        |

Nota. Establecimientos comerciales en el recinto Cristóbal Colón  
Elaborado por: Jennifer Ruiz; Victoria Unapanta

Tabla 10. *Domicilios*

| <b>Número domicilios (2014)</b> | <b>Promedio de personas por vivienda</b> |
|---------------------------------|--|
| 104                             | 5  |

Nota. Número de personas por vivienda  
Elaborado por: Jennifer Ruiz; Victoria Unapanta

#### 4.1.2.1. Cálculo de Muestra

Distribución normal

$$n = \frac{Z_{1-\alpha/2}^2 N \sigma^2}{(N-1)E^2 + Z_{1+\alpha/2}^2 \sigma^2}$$

Donde:

n = Muestra de establecimientos comerciales/ domiciliarios

N = Total de predios comerciales/domicilios

Z = Nivel de confianza 95% = 1.96

$\sigma$  = Desviación estándar = 0.125 kg/hab/día

E = Error permisible = 0.05 kg/hab/día

Para efectos de la presente investigación, se trabajó con una desviación estándar de 0,125 kg/hab/día, ya que los valores grandes indican mayor cantidad de variación e incremento drástico con la inclusión de uno o más datos distantes, es decir, valores que se encuentran muy lejos de los demás (Triola, 2004).

Tabla 11. *Resultados de la muestra*

| Domicilios / Establecimiento | N   | Z    | E    | $\sigma$ | Muestra |
|------------------------------|-----|------|------|----------|---------|
| Viviendas                    | 104 | 1,96 | 0,05 | 0,125    | 20      |
| Tiendas                      | 5   | 1,96 | 0,05 | 0,125    | 5       |
| Instituciones educativas     | 2   | 1,96 | 0,05 | 0,125    | 2       |
| Industria                    | 1   | 1,96 | 0,05 | 0,125    | 1       |

Nota. Muestra de domicilios y establecimientos comerciales

Elaborado por: Jennifer Ruiz; Victoria Unapanta

De la tabla 11, se determina que existen 20 viviendas y 8 predios comerciales distribuidos en 5 tiendas, 2 instituciones educativas y 1 industria. Se considera adicionar una muestra de contingencia que puede variar del 10 al 15%.

Tabla 12. *Muestra contingente*

| Viviendas/ Establecimientos | Muestra | Contingente del 10% | Muestra total |
|-----------------------------|---------|---------------------|---------------|
| Viviendas                   | 20      | 2                   | 22            |
| Tiendas                     | 5       | 1                   | 6             |
| Instituciones educativas    | 2       | 0                   | 2             |
| Industria                   | 1       | 0                   | 1             |

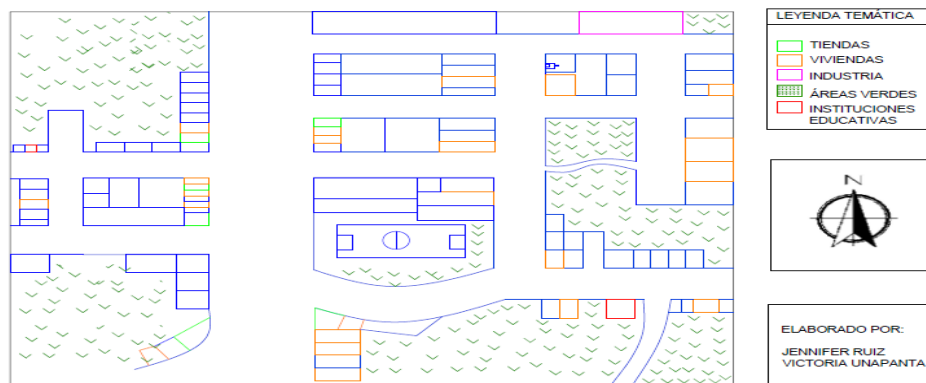
Nota. Muestra contingente al 10%

Elaborado por: Jennifer Ruiz; Victoria Unapanta

El contingente del 10% que se adiciona a la muestra, no se aplica en las tiendas debido a que excede el número total de estos establecimientos.

#### 4.1.3. Distribución de la muestra por ubicación espacial

Ubicación espacial de la muestra



**Figura 25.** Distribución espacial de la muestra en el recinto Cristóbal Colón

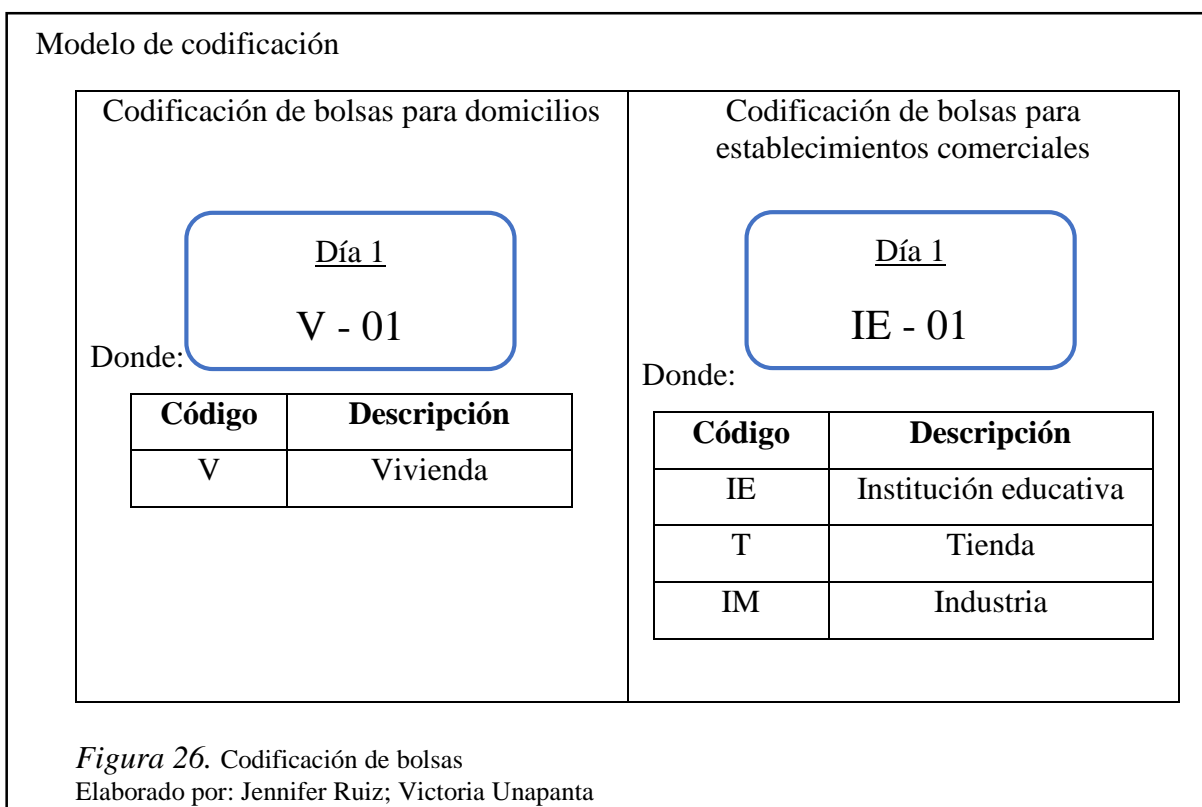
Elaborado por: Jennifer Ruiz; Victoria Unapanta

#### 4.1.4. Codificación

Para llevar a cabo un trabajo de campo exitoso y organizado, se elaboró la codificación de bolsas de acuerdo al código de vivienda y generadores comerciales.

Además, se procedió a realizar una diferenciación por colores como se expresa a continuación:

- Bolsa Blanca para residuos del servicio higiénico
- Bolsas Negras para el resto de residuos sólidos.
- Color de etiqueta naranja para viviendas
- Color de etiquetas fucsia para industria
- Color de etiquetas verde para tiendas
- Color de etiquetas rojo para las instituciones educativas



#### Modelo de codificación

**CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS  
MUNICIPALES EN EL RECINTO CRISTÓBAL COLÓN –  
PROVINCIA DE ESMERALDAS**

Código: \_\_\_\_\_

*Figura 27.* Modelo de codificación de domicilios y establecimientos comerciales  
Elaborado por: Jennifer Ruiz; Victoria Unapanta

#### 4.1.5. Carta de presentación

La carta de presentación, se realizó con el propósito de lograr un compromiso tanto a las autoridades como a la comunidad, en la cual se detalló el trabajo a realizarse durante los 8 días que duró la caracterización. Cabe recalcar, que el modelo de la carta de presentación fue autorizado por el presidente del recinto Cristóbal Colón, para ser dirigido al jefe de hogar en el caso de las viviendas y persona encargada en el caso de los establecimientos comerciales.

#### Modelo de carta de presentación

**CARTA DE PRESENTACIÓN PARA LA REALIZACIÓN DE  
CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS**

Recinto Cristóbal Colón, \_\_\_\_ de Septiembre del 2014

Señor(a): \_\_\_\_\_

Presente.-

**Asunto:** Solicitamos muy comedidamente su participación en el Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales.

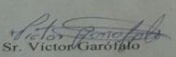
De nuestra especial consideración:

Es grato dirigirme a usted para saludarlo(a) cordialmente y a la vez para darle a conocer sobre el proyecto propuesto para el "DISEÑO DE UN RELLENO SANITARIO MANUAL EN EL RECINTO CRISTÓBAL COLÓN – PROVINCIA DE ESMERALDAS". En tal sentido, para llevar a cabo el estudio satisfactoriamente requerimos de su colaboración y participación en las siguientes actividades:

1. Visita a su domicilio para su empadronamiento.
2. Encuesta a una persona representante del hogar para solicitarle información respecto al servicio de limpieza pública.
3. Participación en el estudio de caracterización con la entrega de sus residuos en bolsas de plástico codificadas, que le serán suministradas durante 8 días seguidos, a partir del día 18 de septiembre del 2014 hasta el día 26 de septiembre del 2014.

De antemano le anticipo mis agradeciéndole por su valiosa atención y cooperación.

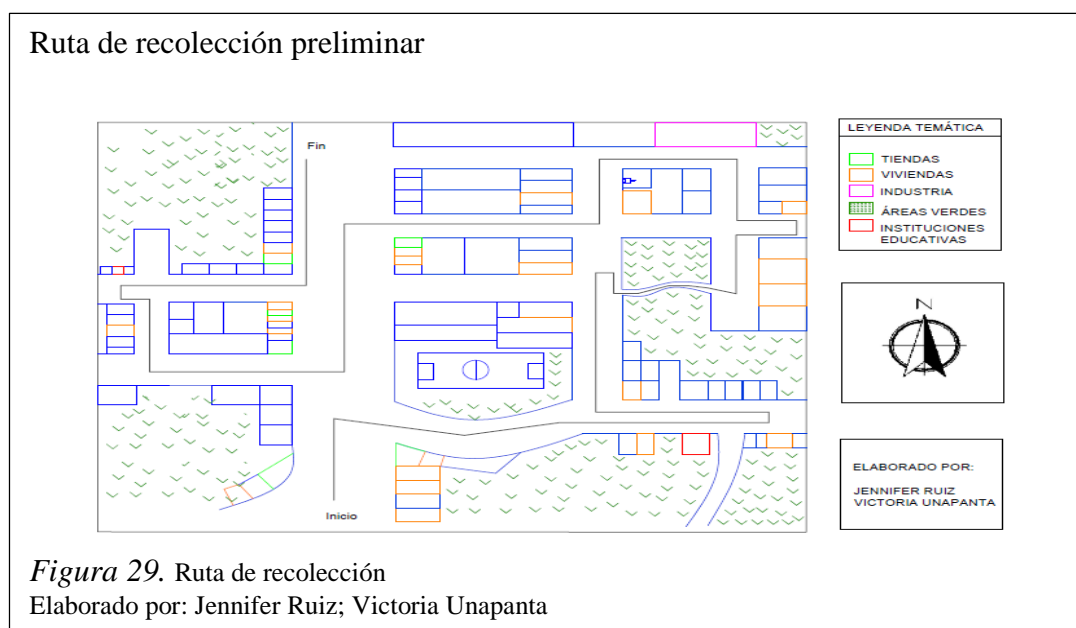
Atentamente

  
Sr. Víctor Garófalo

*Figura 28.* Carta de presentación para el recinto Cristóbal Colón  
Elaborado por: Jennifer Ruíz; Victoria Unapanta



#### 4.1.6. Diseño de la ruta de recolección preliminar



#### 4.1.5. Empadronamiento

De acuerdo a la distribución de la muestra y diseño de la ruta de recolección, se realizó una visita a los jefes de hogar en cada uno de los domicilios seleccionados y a la persona encargada en el caso de los establecimientos comerciales. Para el efecto, se solicitó comedidamente su participación por medio de la carta de presentación, a su vez, se realizó una breve explicación del objetivo y metodología a ser realizada durante los 8 días de la caracterización.

Una vez que los jefes de hogar y personas encargadas de los domicilios y establecimientos comerciales, accedieron a colaborar con la investigación, se procedió a su empadronamiento con la ayuda de registros, en los modelos de tablas como se indica a continuación:

Tabla 13. *Registro de empadronamiento de viviendas*

| Código | Nombre del representante Familiar | Nº de personas | Firma | Observaciones |
|--------|-----------------------------------|----------------|-------|---------------|
| V-01   |                                   |                |       |               |
| V-02   |                                   |                |       |               |

Nota. Modelo de registro de empadronamiento  
Elaborado por: Jennifer Ruiz; Victoria Unapanta

Tabla 14. *Registro de empadronamiento de instituciones educativas*

| <b>Código</b> | <b>Nombre establecimiento educativo</b> | <b>Número de personas</b> | <b>Representante nombres y apellidos</b> | <b>Firma de representante</b> | <b>Observaciones</b> |
|---------------|---|---------------------------|--|-------------------------------|----------------------|
| IE 01         |   |                           |  |                               |                      |
| IE 02         |   |                           |  |                               |                      |

Nota. Modelo de registro de empadronamiento

Elaborado por: Jennifer Ruiz; Victoria Unapanta

Tabla 15. *Registro de empadronamiento tiendas*

| <b>Código</b> | <b>Nombre establecimiento</b> | <b>Propietario nombres y apellidos</b> | <b>Firma de propietario</b> | <b>Observaciones</b> |
|---------------|-------------------------------|--|-----------------------------|----------------------|
| T 01          |                               |  |                             |                      |
| T 02          |                               |  |                             |                      |

Nota. Modelo de registro de empadronamiento

Elaborado por: Jennifer Ruiz; Victoria Unapanta

Tabla 16. *Registro de empadronamiento industria*

| <b>Código</b> | <b>Nombre Establecimiento</b> | <b>Propietario nombres y apellidos</b> | <b>Firma de propietario</b> | <b>Observaciones</b> |
|---------------|-------------------------------|--|-----------------------------|----------------------|
| IM 01         |                               |  |                             |                      |

Nota. Modelo de registro de empadronamiento

Elaborado por: Jennifer Ruiz; Victoria Unapanta

Además, se solicitó permiso para pegar la etiqueta con el código correspondiente a esa vivienda o establecimiento comercial y finalmente entregarles las bolsas correspondientes.

A photograph of two women sitting outdoors on a paved surface. The woman on the left is wearing a red t-shirt, blue jeans, and a black baseball cap. She is sitting on a green plastic chair and is writing on a white notepad with a pen. The woman on the right is wearing a blue tank top and a yellow skirt. She is sitting on the ground and is looking towards the camera. Both women are holding white papers or notepads. The background shows a green wall and a doorway.

**Formulario para estadísticas de la muestra demográfica**

Fecha de la encuesta: **13 DE JUN. 1966** Lugar de la encuesta: **Mérida**

Nombre y apellido del entrevistado: **Elisa Huila**

Número de personas en la vivienda: **4 personas**

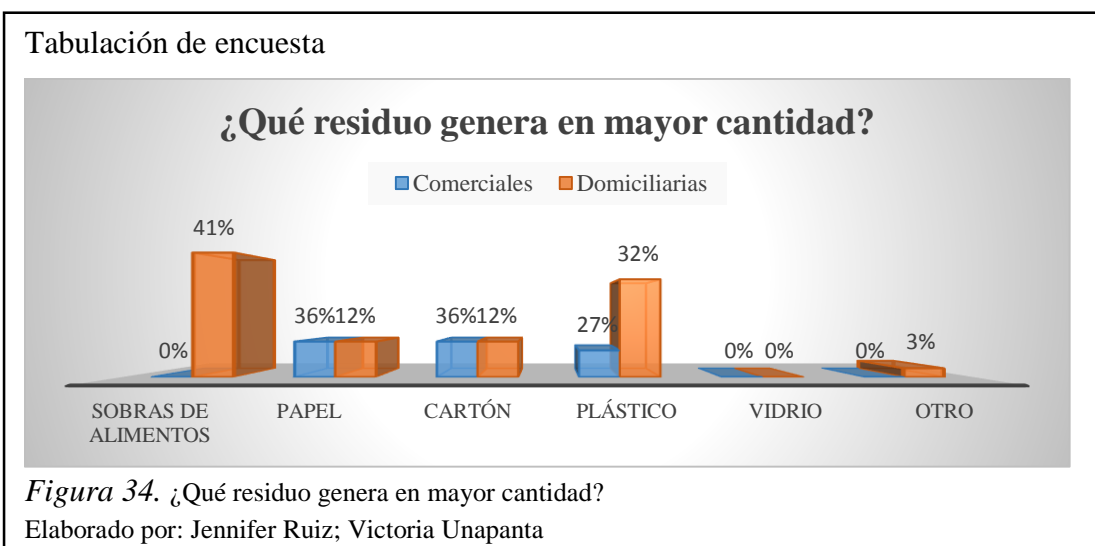
**I. Datos Generales:**

| Edades              |                                     | Sexo                     |                                     |
|---------------------|-------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|
| Menor de 10 años    | <input type="checkbox"/>            | Masculino                | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Entre 10-24 años    | <input type="checkbox"/>            | Femenino                 | <input type="checkbox"/>            |
| Entre 25-30 años    | <input type="checkbox"/>            | Institución              |                                     |
| Entre 31-40 años    | <input checked="" type="checkbox"/> | Sin institución          | <input type="checkbox"/>            |
| Entre 41-50 años    | <input type="checkbox"/>            | Primaria                 | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Entre 51-60 años    | <input type="checkbox"/>            | Secundaria               | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Mayor de 61 años    | <input type="checkbox"/>            | Superior                 | <input type="checkbox"/>            |
| Ocupación           |                                     | Completa                 | <input type="checkbox"/>            |
| Año de contratación | <input checked="" type="checkbox"/> | Incompleta               | <input type="checkbox"/>            |
| Competencia         | <input type="checkbox"/>            | Otro                     |                                     |
| Orientación         | <input type="checkbox"/>            | Ingreso Mensual          |                                     |
| Otro                | <input type="checkbox"/>            | Menor al Básico (\$ 340) | <input type="checkbox"/>            |
| Servicios           |                                     | Salario Básico (\$ 340)  | <input type="checkbox"/>            |
| Luz                 | <input checked="" type="checkbox"/> | Entre \$ 341-500         | <input type="checkbox"/>            |
| Agua                | <input checked="" type="checkbox"/> | Entre \$ 501-800         | <input type="checkbox"/>            |
| Teléfono            | <input checked="" type="checkbox"/> |                          |                                     |

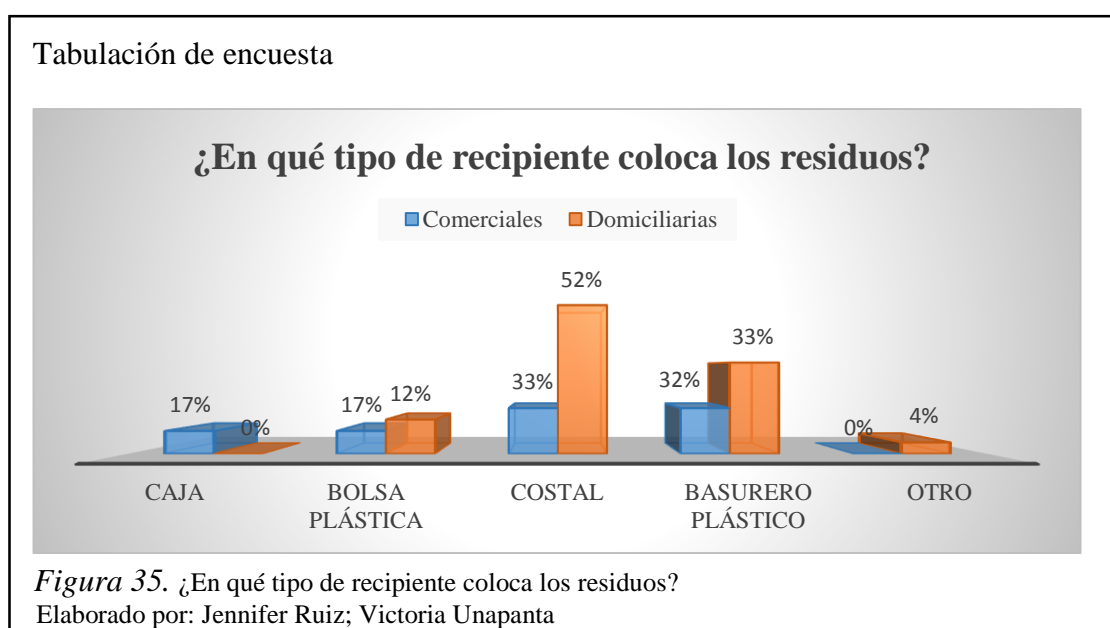
36

#### 4.1.6.1.Tabulación de Encuestas

La tabulación de las encuestas, se hizo a manera de comparación entre las actividades comerciales y los domicilios con el fin de evidenciar la situación actual del recinto Cristóbal Colón con respecto a los residuos sólidos.



En la figura 34, se puede observar que los residuos que en mayor cantidad se genera en los domicilios son el 41% de sobras de alimentos y 32% de plástico. Mientras en los establecimientos comerciales la mayor cantidad es de papel y cartón con un 36%.



El 52% de la población domiciliaria encuestada respondió que coloca los residuos en costal y 32% en basurero plástico a diferencia de los establecimientos comerciales con el 33%.

Tabulación de encuesta

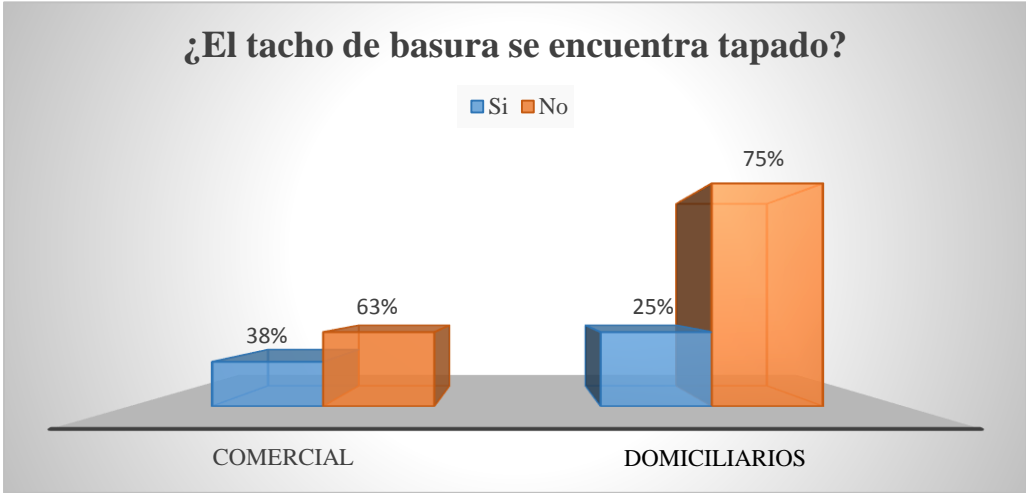


Figura 36. ¿El tacho de basura se encuentra tapado?  
Elaborado por: Jennifer Ruiz; Victoria Unapanta

El 75% de la población domiciliaria encuestada respondió que el tacho de basura no se encuentra tapado en comparación del 63% en los establecimientos comerciales.

Tabulación de encuesta

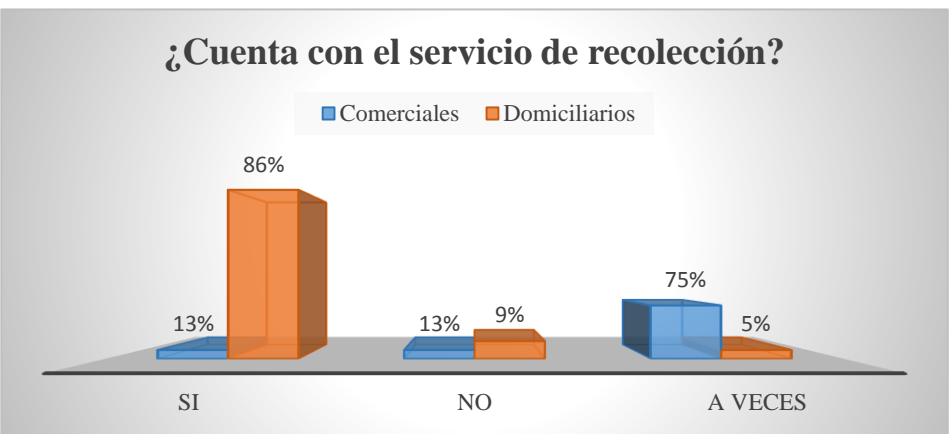
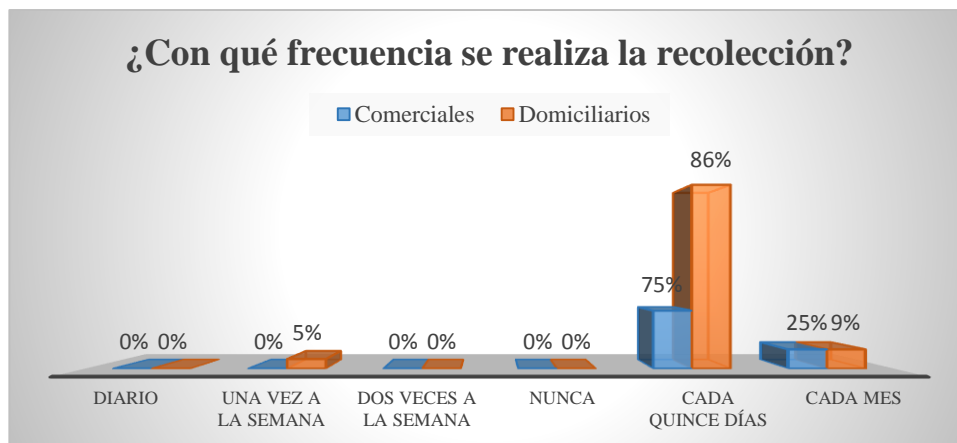


Figura 37. ¿Cuenta con el servicio de recolección?  
Elaborado por: Jennifer Ruiz; Victoria Unapanta

El 86% de la población domiciliaria encuestada, respondió que si cuenta con el servicio de recolección. Mientras que el 75% de establecimientos comerciales, manifestó que a veces cuenta con este servicio.

#### Tabulación de encuesta

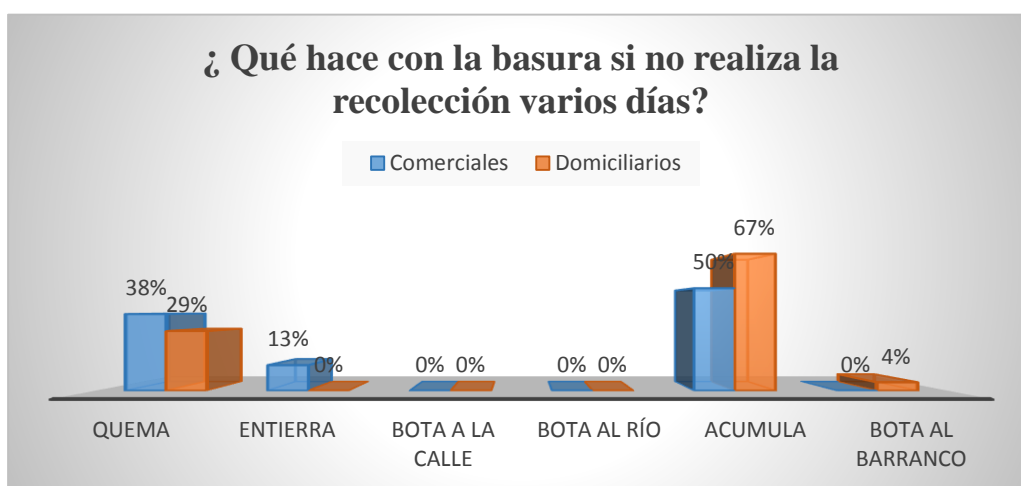


**Figura 38.** ¿Con qué frecuencia se realiza la recolección?

Elaborado por: Jennifer Ruiz; Victoria Unapanta

El 86% de la población domiciliaria encuestada, respondió que la recolección se realiza cada quince días en comparación de 75% en los establecimientos comerciales.

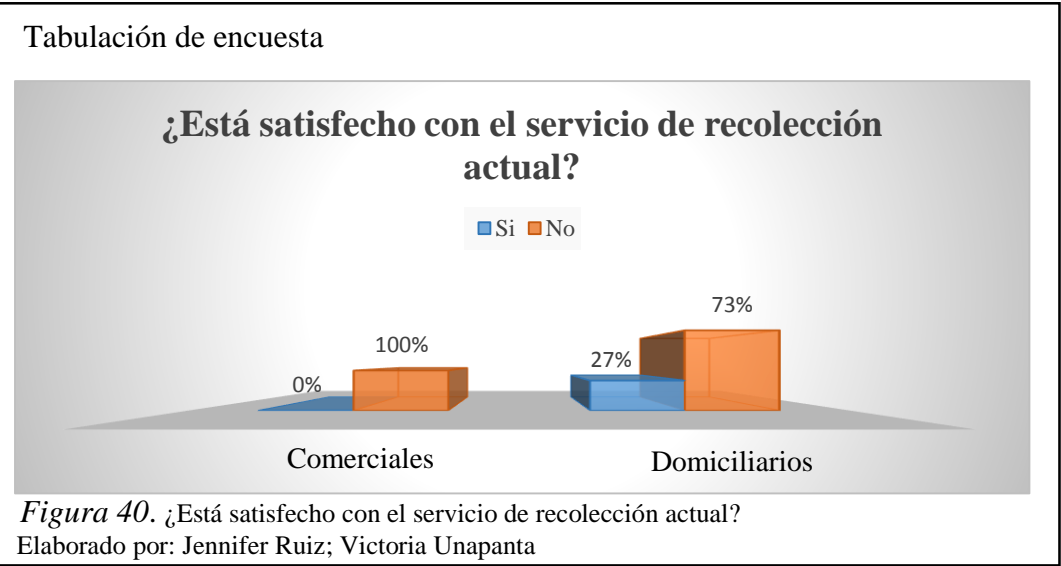
#### Tabulación de encuesta



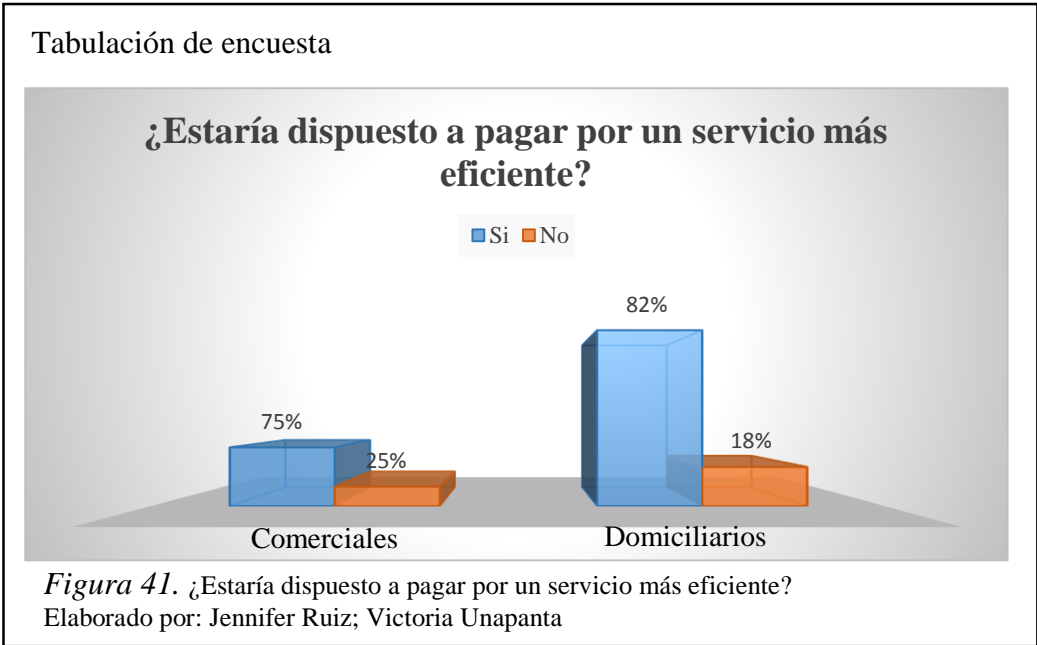
**Figura 39.** ¿Qué hace con la basura si no se realiza la recolección varios días?

Elaborado por: Jennifer Ruiz; Victoria Unapanta

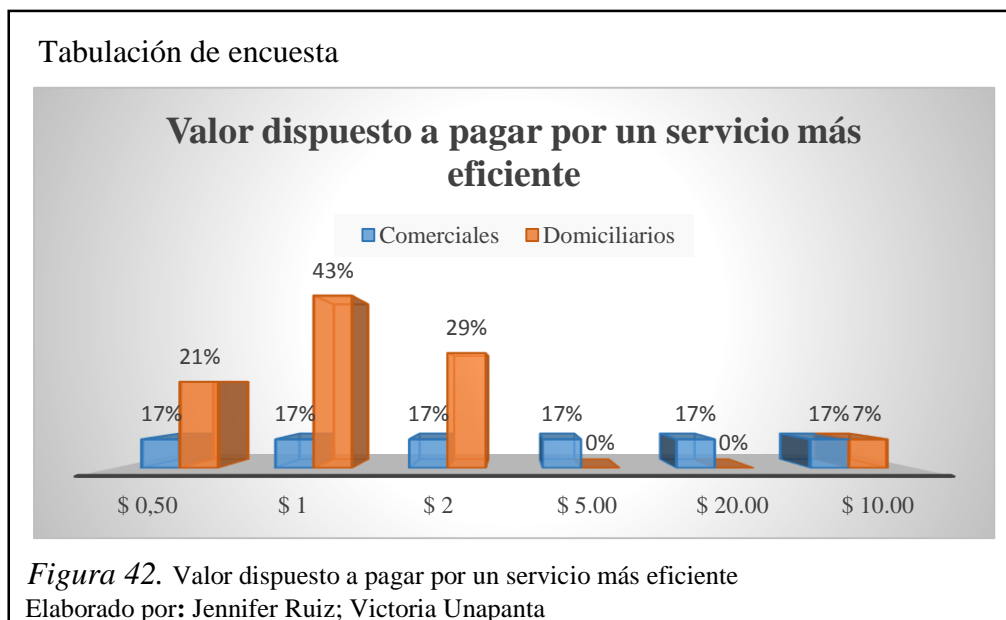
El 67% de la población domiciliaria encuestada, respondió que acumula la basura, el 29% los quema. Mientras que el 50% acumula los residuos en los establecimientos comerciales.



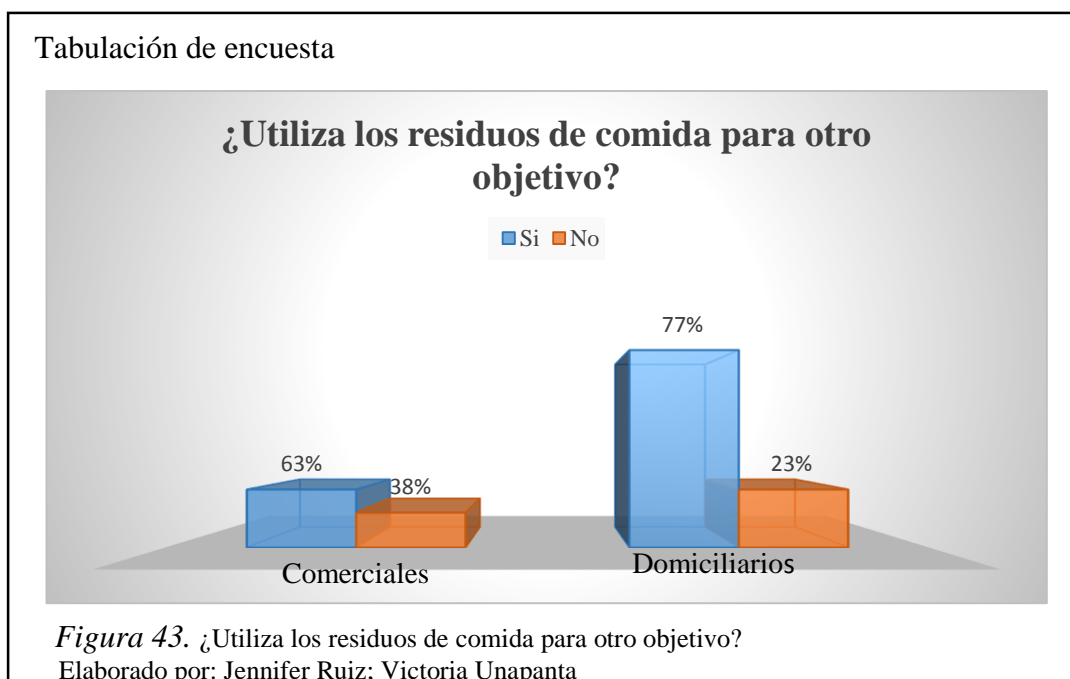
Un 73% de la población domiciliaria encuestada, respondió que no está satisfecha con el servicio de recolección, en comparación de un 100% en los establecimientos comerciales.



Un 82% de la población domiciliaria encuestada, respondió que sí estaría dispuesta a pagar por un servicio más eficiente en comparación de 75% en los establecimientos comerciales.

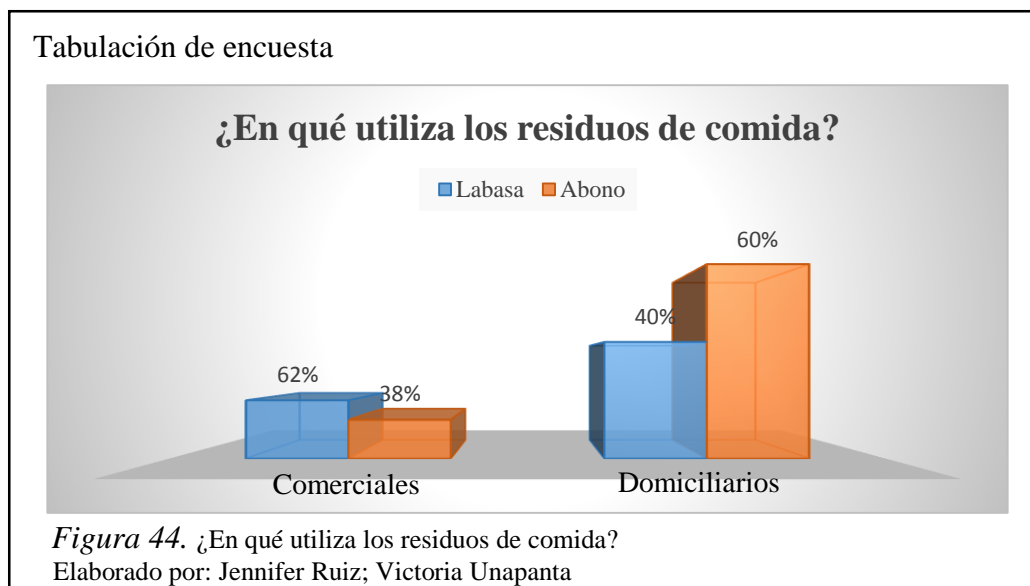


En la figura 42, se puede observar que la población domiciliaria está dispuesta a pagar entre 0,50 – 2 dólares, mientras que en los establecimientos comerciales está dispuesta a pagar desde 0,50 a 20.0 dólares por ser predios comerciales.

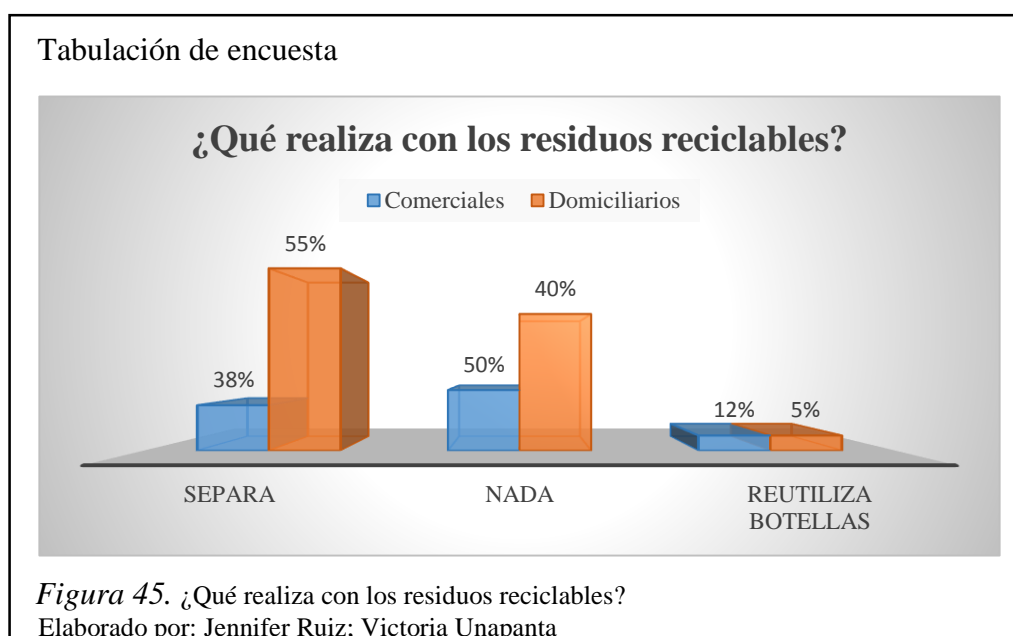




Un 77% de la población domiciliaria encuestada, respondió que sí utiliza los residuos de comida para otro objetivo, en comparación de 63% en los establecimientos comerciales.

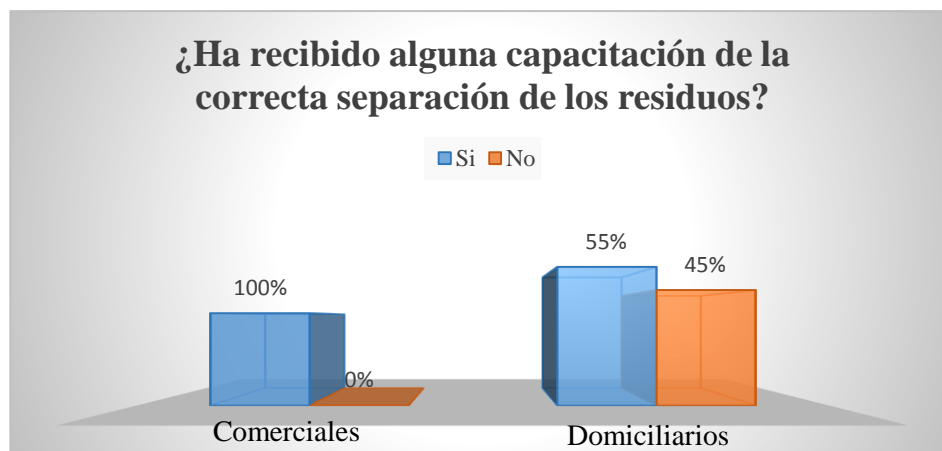


En la figura 44, se evidencia que el 60% de la población domiciliaria encuestada respondió que sí utiliza como abono, mientras que en los establecimientos comerciales 62% utiliza como labasa.



En la figura 45, se evidencia que el 55% de la población domiciliaria separa los residuos reutilizables, mientras que el 50% de los establecimientos comerciales no lo hacen.

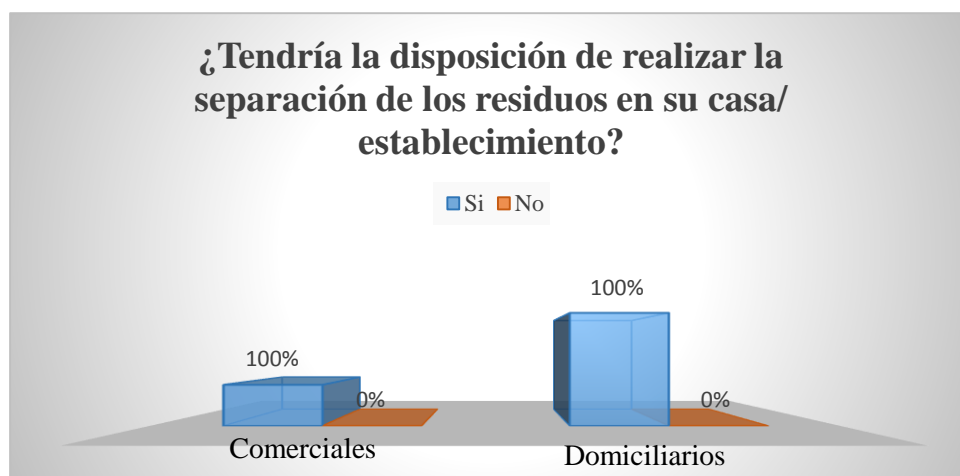
Tabulación de encuesta



**Figura 46.** ¿Ha recibido alguna capacitación de la correcta separación de los residuos?  
Elaborado por: Jennifer Ruiz; Victoria Unapanta

Un 55% de la población domiciliaria encuestada, respondió que sí ha recibido capacitación en comparación de 100% en los establecimientos comerciales.

Tabulación de encuesta



**Figura 47.** ¿Tendría la disposición de realizar la separación de los residuos en su casa/ establecimiento?  
Elaborado por: Jennifer Ruiz; Victoria Unapanta

El 100% de establecimientos tanto comerciales como domicilios, están dispuestos a separar los residuos.

## **Análisis**

De acuerdo a las encuestas realizadas, se conoció la realidad con respecto a la generación de residuos sólidos, por lo cual, se evidenció que los residuos de mayor generación son: las sobras de alimento, plástico, papel y cartón. Además, cuentan con el servicio de recolección pero no es eficiente, por lo cual estarían dispuestos a pagar por tal servicio; por lo tanto, se encuentran comprometidos con el ambiente y con mejorar la gestión de los mismos, ya que han recibido capacitaciones útiles para la correcta separación y aprovechamiento de residuos de residuos.

### **4.2. Etapa de ejecución**

La etapa de ejecución, consiste en llevar a cabo la caracterización de los residuos sólidos, con el fin de obtener datos necesarios para determinar la producción y las características de los mismos.

#### **4.2.1. Recolección de residuos sólidos**

En base a la ruta de recolección anteriormente planificada, se realizó la recaudación de las bolsas de residuos, durante ocho días consecutivos, a partir de las siete de la mañana, verificando que la etiqueta de cada una de las fundas colectadas coincida con el código de empadronamiento de los domicilios y establecimientos comerciales, para posteriormente transportarlos hacia el área confinada para la caracterización de los residuos sólidos.

Recolección



*Figura 48.* Recolección de bolsas de residuos domiciliarios  
Elaborado por: Jennifer Ruíz; Victoria Unapanta

Recolección de bolsas de residuos



*Figura 49.* Recolección de bolsas de residuos sólidos  
Elaborado por: Jennifer Ruíz; Victoria Unapanta

#### 4.2.5. Producción per cápita de residuos

La generación de residuos sólidos, en el recinto Cristóbal Colón se determinó durante la investigación a partir de las actividades descritas a continuación:

- **Cuantificación del peso de residuos sólidos**

El cálculo del peso de cada una de las bolsas de residuos recolectadas, se determinó mediante una balanza electrónica y una balanza manual de 0 a 50 kg, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 17. Registro de peso de residuos sólidos de instituciones educativas

| Código de la institución educativa | Número de personas | Peso (kg) |       |       |       |       |       |       |       |
|------------------------------------|--------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                    |                    | Día 1     | Día 2 | Día 3 | Día 4 | Día 5 | Día 6 | Día 7 | Día 8 |
| IE 01                              | 46                 | 3,95      | 1,75  | 1,95  | 0,00  | 0,85  | 3,25  | 2,90  | 3,85  |
| IE 02                              | 116                | 0,45      | 0,75  | 1,00  | 0,00  | 0,45  | 0,50  | 0,65  | 0,50  |

Nota. Peso de residuos sólidos de instituciones educativas  
Elaborado por: Jennifer Ruiz; Victoria Unapanta

Tabla 18. Registro de peso de residuos sólidos de tiendas

| Código de tiendas | Peso (kg) |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                   | Día 1     | Día 2 | Día 3 | Día 4 | Día 5 | Día 6 | Día 7 | Día 8 |
| T 01              | 1,9       | 3,65  | 1,75  | 2,75  | 1,75  | 1,45  | 1,15  | 1,5   |
| T 02              | 1,3       | 1,15  | 1,5   | 0,95  | 1,35  | 1,45  | 1,15  | 0,75  |
| T 03              | 2,5       | 1,5   | 1,5   | 1     | 0,75  | 1,25  | 0,95  | 1     |
| T 04              | 1,55      | 1,25  | 1     | 1,2   | 1,15  | 1,15  | 1,25  | 1,1   |
| T 05              | 1,7       | 1,45  | 1,25  | 1,3   | 1,2   | 1,1   | 1,15  | 1,1   |

Nota. Peso de residuos sólidos de tiendas  
Elaborado por: Jennifer Ruiz; Victoria Unapanta

Tabla 19. *Registro de pesos de residuos sólidos en la industria “Ecomadera”*

| Código de industria | Número de personas | Peso (kg) |       |       |       |       |       |       |       |
|---------------------|--------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                     |                    | Día 1     | Día 2 | Día 3 | Día 4 | Día 5 | Día 6 | Día 7 | Día 8 |
| IM 01               | 52                 | 1,75      | 0,10  | 0,15  | 0,10  | 0,10  | 0,75  | 0,10  | 0,15  |

Nota. Peso de residuos sólidos de industria Ecomadera

Elaborado por: Jennifer Ruiz; Victoria Unapanta

Tabla 20. *Registro de peso residuos sólidos domiciliarios*

| Código de vivienda | Nº de habitantes | Peso (kg) |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------------|------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                    |                  | Día 1     | Día 2 | Día 3 | Día 4 | Día 5 | Día 6 | Día 7 | Día 8 |
| V 01               | 4                | 9,95      | 0,2   | 0,15  | 0,1   | 0,1   | 0,75  | 0,15  | 0,1   |
| V 02               | 3                | 1,85      | 0,65  | 0,1   | 1,1   | 1,75  | 2,95  | 0,95  | 1,55  |
| V 03               | 3                | 5,67      | 0,57  | 0,15  | 0,1   | 0,2   | 0     | 0,25  | 0,1   |
| V 04               | 2                | 10        | 3,95  | 2,7   | 4,75  | 4,45  | 2,35  | 3,3   | 3,8   |
| V 05               | 3                | 0,2       | 0,15  | 0,15  | 0,1   | 0,1   | 0,1   | 0,1   | 0,1   |
| V 06               | 4                | 0,2       | 0,4   | 0,1   | 1,75  | 2,2   | 1,85  | 3     | 1,95  |
| V 07               | 3                | 1,3       | 0,2   | 0,18  | 0,00  | 0,85  | 0     | 1,85  | 0,55  |
| V 08               | 4                | 0,8       | 0,3   | 0,55  | 0,1   | 0,85  | 1     | 1,25  | 0,75  |
| V 09               | 6                | 16        | 0,4   | 0,16  | 0,45  | 0,1   | 0,15  | 0,1   | 0,15  |
| V 10               | 3                | 0,45      | 0,15  | 0,18  | 0,15  | 0,15  | 0,1   | 0,25  | 0,1   |
| V 11               | 3                | 2,95      | 0,8   | 0,75  | 0,65  | 1,00  | 0,8   | 1,25  | 0,6   |
| V 12               | 3                | 0,85      | 0,35  | 0,46  | 0,75  | 0,4   | 0,7   | 0,5   | 0,67  |
| V 13               | 3                | 1,1       | 0,28  | 0,55  | 0,5   | 1     | 0,9   | 1,1   | 0,75  |
| V 14               | 5                | 1,8       | 0,5   | 0,60  | 0,85  | 0,35  | 0,25  | 0,4   | 0,15  |
| V 15               | 2                | 0,2       | 0,25  | 0,80  | 0,4   | 0,35  | 0,1   | 0,2   | 0,1   |
| V 16               | 6                | 16,5      | 1,5   | 0,75  | 1,25  | 0,6   | 0,75  | 2,4   | 0,75  |
| V 17               | 5                | 4,6       | 1,26  | 2,95  | 2,1   | 1,1   | 4,5   | 3,55  | 4,15  |
| V 18               | 5                | 4,5       | 1,1   | 0,6   | 0,35  | 1,45  | 0,5   | 1,35  | 0,2   |
| V 19               | 6                | 24        | 3,15  | 2,1   | 2,9   | 1,85  | 1,55  | 3,85  | 4,15  |
| V 20               | 3                | 3,1       | 0,55  | 0,75  | 0,1   | 0,6   | 0,75  | 0,25  | 0,45  |
| V 21               | 3                | 1,7       | 0,35  | 0,55  | 0,45  | 0,45  | 0,25  | 0,6   | 0,5   |
| V 22               | 3                | 1,8       | 0,4   | 0,15  | 0,55  | 0,6   | 0,5   | 0,65  | 0,45  |

Nota. Peso de residuos sólidos de domicilios

Elaborado por: Jennifer Ruiz; Victoria Unapanta

Cabe destacar, que los datos de generación obtenidos durante el primer día de caracterización se descartan, ya que no se consideran seguros en cuanto a la producción diaria de residuos, pues probablemente se acumularon residuos de días pasados o se eliminaron residuos correspondientes al día uno.

- **Cálculo de la generación per cápita de los residuos sólidos**

La generación de residuos sólidos, se determinó considerando el peso de residuos por día, para el número de habitantes por vivienda o establecimiento comercial. Posteriormente, se calculó el promedio de producción per cápita de viviendas/establecimientos comerciales muestreados (anexo 1), para lo cual se utilizó la siguiente fórmula:

$$ppc = \frac{D_{sr} diario}{Pob}$$

*Donde:*

ppc: generación per cápita de residuos (kg/hab./día).

D<sub>sr</sub>: cantidad de residuos sólidos recolectados en un día (kg/día).

Pob: habitantes por vivienda/establecimiento comercial (hab).

- **Análisis de muestras sospechosas**

El análisis de muestra sospechosa (Z<sub>c</sub>), se realizó únicamente para la generación per cápita de las viviendas muestreadas, mientras que, para los establecimientos comerciales no se aplicó este análisis debido a que se trabajó con la totalidad de ellos.

$$Z_c = \frac{|\bar{x} - x_i|}{S}$$

*Donde:*

Z<sub>c</sub>: intervalo de sospecha

$\bar{x}$ : promedio de ppc (0,27 kg/hab/día)

x<sub>i</sub>: promedio de ppc por vivienda (kg/hab/día)

S: desviación estándar (0,36)

Si la muestra de sospecha es  $Z_c > Z_{c\ 0,95}=1,96$ ; será eliminada (anexo 3), para posteriormente recalcular la muestra real de viviendas, así obteniendo el ppc real doméstico (anexo 4).

- **Producción per cápita total**

Finalmente, se determinó la producción per cápita total, mediante la suma del ppc doméstico y de cada una de las actividades comerciales, aplicando la siguiente fórmula:

$$ppc_{Total} = ppc_D + ppc_{IE} + ppc_T + ppc_{IM}$$

*Donde:*

ppc<sub>Total</sub>: producción per cápita total del recinto (kg/hab/día).

ppc<sub>D</sub>: producción per cápita doméstica (kg/hab/día).

ppc<sub>IE</sub>: producción per cápita de instituciones educativas (kg/hab/día).

ppc<sub>T</sub>: producción per cápita de tiendas (kg/hab/día).

ppc<sub>IM</sub>: producción per cápita de la industria maderera (kg/hab/día).

- **Producción total de residuos sólidos**

La generación total de residuos sólidos, permite determinar la producción durante un día de residuos, como se muestra en la siguiente fórmula:

$$DS_r = Pob \times ppc$$

*Donde:*

DS<sub>r</sub>: cantidad de residuos sólidos producidos por día (kg/día).

Pob: población total de habitantes (hab).

Ppc: producción per cápita (kg/hab/día).

A continuación, se presentan las tablas de resultados de generación de residuos sólidos:

Tabla 21. *Generación de residuos sólidos*

| <b>Tipo de residuos</b>            | <b>Nº habitantes</b> | <b>ppc<br/>(kg/hab./día)</b> |
|------------------------------------|----------------------|------------------------------|
| Domésticos                         | 521                  | 0,20                         |
| Tienda                             | 155                  | 0,05                         |
| Instituciones educativas           | 162                  | 0,02                         |
| Industria                          | 52                   | 0,004                        |
| <b>Producción per cápita total</b> |                      | <b>0,27</b>                  |

Nota. Producción per cápita total de residuos sólidos  
Elaborado por: Jennifer Ruiz; Victoria Unapanta

La producción per cápita de residuos sólidos en el recinto Cristóbal Colón, es de 0,27 kg/hab/día, mientras que la generación total de residuos sólidos es de 140,67 kg/día. Cabe destacar, que la producción per cápita de residuos en los establecimientos comerciales, está representada principalmente por las tiendas que generan 0,05 kg/hab/día de residuos, seguida de las instituciones educativas con 0,02 kg/hab/día.

#### 4.2.6. Características de los residuos sólidos

##### 4.2.6.1. Densidad de los residuos sólidos

La densidad de los residuos sólidos, se determinó utilizando un recipiente cilíndrico como depósito parcial de los mismos. Dicho recipiente tiene las siguientes dimensiones:

Tabla 22. Dimensiones del cilindro

| Peso | Altura | Diámetro | Volumen            |
|------|--------|----------|--------------------|
| 2 kg | 70 cm  | 41 cm    | 92 cm <sup>3</sup> |

Nota. Recipiente cilíndrico utilizado para medir la densidad de los residuos

Elaborado por: Jennifer Ruiz; Victoria Unapanta

Para medir la densidad de los residuos sólidos, se realizaron las siguientes actividades:

- Al azar se escogió bolsas de residuos y se vació en el recipiente cilíndrico, sin ejercer presión.
- Una vez lleno el recipiente, se levantó el cilindro a unos 20 cm y se lo dejó caer. Esta acción se repite tres veces, con la finalidad de uniformizar los residuos y evitar los espacios vacíos en el interior del mismo.
- Posteriormente, se registró la altura libre del recipiente y el peso de los residuos sólidos.
- Finalmente, se calculó la densidad de residuos mediante la siguiente fórmula:

$$D_s = \frac{m (kg)}{V (m^3)}$$

Donde:

Ds: densidad suelta de residuos sólidos (kg/m<sup>3</sup>)

m: masa de residuos sólidos (kg)

V: volumen de residuos sólidos (m<sup>3</sup>)



Cabe recalcar, que este procedimiento se repite durante los ocho días correspondientes a la caracterización de residuos sólidos.

A continuación, se presentan los registros y cálculo de la densidad de los residuos generados:

Tabla 23. *Densidad suelta de residuos sólidos*

| <b>Día</b> | <b>Peso (kg)</b> | <b>Altura libre del cilindro (m)</b> | <b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b> | <b>Densidad suelta (kg/m<sup>3</sup>)</b> |
|------------|------------------|--------------------------------------|--------------------------------|---|
| Día 1      | 20,00            | 0,00                                 | 0,092                          | 216,41                                    |
|            | 19,50            | 1,70                                 | 0,090                          | 216,25                                    |
|            | 18,70            | 5,00                                 | 0,086                          | 217,91                                    |
|            | 21,00            | 0,00                                 | 0,092                          | 227,23                                    |
|            | 23,40            | 0,00                                 | 0,092                          | 253,20                                    |
| Día 2      | 16,80            | 11,20                                | 0,078                          | 216,41                                    |
| Día 3      | 19,10            | 3,20                                 | 0,088                          | 216,57                                    |
| Día 4      | 21,10            | 0,00                                 | 0,092                          | 228,31                                    |
|            | 2,75             | 60,40                                | 0,013                          | 216,97                                    |
| Día 5      | 20,25            | 1,00                                 | 0,091                          | 222,29                                    |
| Día 6      | 19,10            | 3,20                                 | 0,088                          | 216,41                                    |
|            | 3,20             | 58,80                                | 0,015                          | 216,41                                    |
| Día 7      | 19,10            | 3,20                                 | 0,088                          | 216,41                                    |
|            | 7,00             | 45,60                                | 0,032                          | 217,30                                    |
| Día 8      | 18,70            | 6,00                                 | 0,084                          | 221,31                                    |
|            |                  |                                      |                                | 218,84                                    |

Nota. Densidad suelta de residuos sólidos

Elaborado por: Jennifer Ruiz; Victoria Unapanta

#### **4.2.6.2. Composición física de los residuos sólidos**

La composición física de los residuos sólidos, se determinó mediante las siguientes actividades:

- En el área asignada para la separación y segregación de residuos, se colocó plástico para realizar dicha actividad.
- El contenido del recipiente cilíndrico se vertió sobre el plástico negro, reduciendo los residuos a pequeñas partes hasta obtener un tamaño manipulable de aproximadamente 5 cm.

- Posteriormente, los residuos se homogeneizaron y se realizó el método de cuarteo.

#### Caracterización de residuos



*Figura 51.* Homogenización de residuos  
Elaborado por: Jennifer Ruíz; Victoria Unapanta

#### Cuarteo de residuos



*Figura 50.* Método de cuarteo  
Elaborado por: Jennifer Ruíz; Victoria Unapanta

Los materiales se clasificaron y pesaron en un recipiente de 30 litros, con 0,80 kg de peso.

#### Separación de residuos



*Figura 53.* Clasificación de residuos  
Elaborado por: Jennifer Ruíz; Victoria Unapanta

#### Peso de residuos



*Figura 52.* Peso de residuos clasificados  
Elaborado por: Jennifer Ruíz; Victoria Unapanta

- Finalmente, se calculó el porcentaje de cada material separado, mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje (\%)} = \frac{P_i}{W_t} \times 100$$

*Donde:*

$P_i$ : peso de cada material (kg).

$W_t$ : peso total de residuos recolectados en un día (kg).

Porcentaje: porcentaje de materiales separados por tipo (%).

En la siguiente tabla, se presenta el porcentaje de materiales que existen en los residuos sólidos del recinto Cristóbal Colón.

Tabla 24. *Composición física de residuos sólidos*

| Tipos de residuos sólidos | Generación de Residuos Sólidos Domiciliaria [kg] |       |       |       |       |       |       |       |        | Composición porcentual [%] |
|---------------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|----------------------------|
|                           | Día 1  | Día 2 | Día 3 | Día 4 | Día 5 | Día 6 | Día 7 | Día 8 | Total  |                            |
| Aluminio                  | 0,00   | 0,00  | 0,15  | 0,30  | 0,20  | 0,15  | 0,05  | 0,25  | 1,10   | 0,59                       |
| Fundas                    | 2,00   | 2,10  | 1,65  | 1,60  | 1,20  | 0,80  | 0,00  | 0,70  | 8,05   | 3,75                       |
| Cartón                    | 0,50   | 0,80  | 0,40  | 0,35  | 1,20  | 0,80  | 0,05  | 0,50  | 4,10   | 1,91                       |
| Fundas de snack           | 0,00   | 0,00  | 0,41  | 0,37  | 0,50  | 0,05  | 0,30  | 0,15  | 1,78   | 0,83                       |
| Madera, follaje           | 0,00   | 1,01  | 0,10  | 0,16  | 0,15  | 0,15  | 0,20  | 0,15  | 1,92   | 0,90                       |
| Materia orgánica          | 21,00  | 17,75 | 10,55 | 19,05 | 16,15 | 17,50 | 24,65 | 18,75 | 124,40 | 58,03                      |
| Papel                     | 0,60   | 1,30  | 0,00  | 1,05  | 0,70  | 2,05  | 0,90  | 1,00  | 7,00   | 3,27                       |
| Plástico PET              | 0,00   | 1,00  | 1,15  | 1,10  | 0,50  | 0,85  | 0,90  | 1,05  | 6,55   | 3,06                       |
| Plástico LDPE             | 0,00   | 0,00  | 0,20  | 0,16  | 0,20  | 0,40  | 0,35  | 0,30  | 1,61   | 0,75                       |
| Plástico PVC              | 0,01   | 0,00  | 0,20  | 0,00  | 0,00  | 0,95  | 0,05  | 0,35  | 1,55   | 0,72                       |
| Papel higiénico           | 2,25   | 4,70  | 2,25  | 1,50  | 1,70  | 3,00  | 1,55  | 1,05  | 15,75  | 7,35                       |
| Residuos inertes          | 0,00   | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00   | 0,00                       |
| Residuos de medicina      | 0,00   | 1,05  | 0,20  | 0,00  | 0,75  | 0,10  | 0,00  | 0,15  | 2,25   | 1,05                       |
| Tecnopor y similares      | 0,00   | 0,00  | 0,05  | 0,16  | 0,00  | 0,25  | 0,02  | 0,15  | 0,63   | 0,29                       |
| Tetrapack                 | 0,00   | 1,15  | 0,00  | 0,16  | 0,00  | 0,16  | 0,01  | 0,15  | 1,63   | 0,76                       |
| Textil                    | 0,00   | 1,30  | 0,00  | 2,15  | 0,50  | 0,15  | 1,05  | 1,00  | 6,15   | 2,87                       |
| Vidrio                    | 0,70   | 1,01  | 0,20  | 0,35  | 0,50  | 0,15  | 0,00  | 0,65  | 2,86   | 1,33                       |

Nota. Composición porcentual de los residuos sólidos

Elaborado por: Jennifer Ruiz; Victoria Unapanta

#### 4.2.6.3. Humedad de los residuos sólidos

La humedad de los residuos sólidos, es una de las principales características que se requiere conocer, ya que permite determinar la infiltración de lluvia y la cantidad de lixiviado, que se generará en el relleno sanitario.

Para el análisis de humedad se realizaron los siguientes pasos:

- Selección de una pequeña porción de materia orgánica proveniente de la caracterización del último día, a la cual se la trozó en pequeños pedazos, hasta obtener una masa representativa. Posteriormente, se colocó la muestra en una bolsa dentada, dentro de un recipiente hermético previamente refrigerado durante un día.
- Previo al análisis de la muestra en laboratorio, se preparó tres cápsulas de porcelana.
- Posteriormente se cuantificó el peso de las cápsulas de porcelana y de las cápsulas con la muestra.

Determinación de humedad de residuos



*Figura 54.* Pesaje de la cápsula de porcelana  
Elaborado por: Jennifer Ruíz; Victoria Unapanta

Determinación de humedad de residuos



*Figura 55.* Pesaje de la muestra  
Elaborado por: Jennifer Ruíz; Victoria Unapanta

- Las cápsulas, se introdujeron a la estufa durante una hora a 105°C y posteriormente se dejó enfriar en el desecador durante 15 min y se pesó.

### Muestra de materia orgánica



*Figura 56.* Muestra sin humedad  
Elaborado por: Jennifer Ruiz; Victoria Unapanta

- Finalmente, se pesaron las cápsulas y calculó la humedad mediante la siguiente fórmula:

$$\%H = \frac{P2 - P3}{P2 - P1} \times 100$$

*Donde:*

P1: peso de la cápsula vacía (gr).

P2: peso de la cápsula con la muestra antes del secado (gr).

P3: peso de la cápsula después del secado (gr).

H: humedad de los residuos sólidos (%).

A continuación, en la tabla 25, se presenta los resultados de humedad:

*Tabla 25. Humedad de los residuos orgánicos*

| Nº Muestra       | Peso de la cápsula vacía (g) | Peso de la cápsula + muestra antes del secado (g) | Peso de la cápsula + muestra después del secado (g) | % Humedad |
|------------------|------------------------------|---|---|-----------|
| 1                | 53,6575                      | 63,6993   | 58,4115   | 52,66     |
| 2                | 53,6595                      | 63,7138   | 57,7469   | 59,35     |
| 3                | 52,9924                      | 63,0220   | 57,9124   | 50,95     |
| Humedad promedio |                              |   |   | 54,32     |

Nota. Porcentaje de humedad de la materia orgánica  
Elaborado por: Jennifer Ruiz; Victoria Unapanta

## CAPÍTULO 5

### DISEÑO DEL RELLENO SANITARIO MANUAL

#### 5.1. Descripción de lugares de selección para el relleno sanitario

- **Sitio A**

**Zona:** 17N

**Longitud:** 704762

**Latitud:** 0049785

El sitio A tiene una extensión de 2224,31 m<sup>2</sup> ubicado a las afueras del recinto Cristóbal Colón. Tiene conexión con la calle principal de entrada hacia el recinto ayudando a minimizar el tiempo de acarreo de los residuos y facilidad de acceso hacia el sitio. Además, se encuentra lejano a fuentes de agua.

- **Sitio B**

**Zona:** 17N

**Longitud:** 705100

**Latitud:** 0050707

El sitio B ubicado y con una extensión de 100 m<sup>2</sup>, se encuentra en las a fueras del recinto Cristóbal Colón.

Este terreno no tiene posibilidad de extensión, debido a que en su alrededor existe un predio privado y de actual uso para la agricultura. Además, no cuenta con caminos de acceso óptimos en todas las épocas del año.

Cabe destacar que este sitio colinda con un precipicio que limita con una fuente de agua.

Selección de lugar



*Figura 57. Sitio A*  
Elaborado por: Jennifer Ruíz; Victoria Unapanta

Selección de lugar



*Figura 58. Sitio B*  
Elaborado por: Jennifer Ruíz; Victoria Unapanta

## 5.2. Selección del lugar para la ubicación del relleno sanitario

El sitio de construcción del relleno sanitario, se eligió en base a los criterios establecidos en la “Norma de Calidad Ambiental para el Manejo y Disposición Final de Desechos Sólidos No Peligrosos”.

Adicionalmente, se aplicó la metodología europea, la cual consiste en una guía que permite cuantificar y comparar la aptitud de los diferentes espacios opcionales de colocación de un relleno. La aplicación de ésta metodología se realizó considerando los siguientes aspectos:

- La evaluación presenta ciertos criterios no aplicables a los rellenos manuales (Tabla 27. fila 4 y 8).
- Aquellos lugares que posean características excluyentes, por ningún motivo podrán ser seleccionados para la ubicación del relleno.

Las condiciones de aptitud de un espacio, se expresan en la siguiente tabla de valoración:

Tabla 26. *Cuadro de aptitud*

| Suma de valores de un sitio en cuestión       | Aptitud                                     |
|---|---|
| 70 – 100                                      | Excelente                                   |
| 50 – 70                                       | Buena                                       |
| 30 -50  | Mala  |
| 20 – 30                                       | Muy mala                                    |
| < 20  | No se debe considerar como sitio de relleno |
| Aplica uno o más de los criterios excluyentes |   |

Nota. (Röben, 2002)

Elaborado por: Jennifer Ruiz; Victoria Unapanta

A continuación, se presenta la evaluación de los sitios de ubicación para el relleno sanitario manual:



Tabla 27. *Evaluación del lugar de construcción del relleno sanitario manual*

| Criterio   |                                    |  | Sitio A | Sitio B |
|--|------------------------------------|--|---------|---------|
| Generales  | Dimensión del terreno (superficie) | Superficie disponible para rellenar  | 0       | 0       |
|  |                                    | Superficie disponible para construcción de una laguna de tratamiento biológico de las aguas lixiviadas | 0,3     | 0,2     |
|  |                                    | Superficie disponible para la construcción de plantas auxiliares (lombricultura, reciclaje)            | 0,5     | 0,3     |
|  |                                    | Volumen disponible para rellenar   | NA      | NA      |
|  | Morfología del terreno             | Topografía del terreno   | 2,4     | 2,4     |
|  |                                    | Barreras naturales (taludes, bosques etc.)   | 1,2     | 1,6     |
|  | Posibilidad de extensión           | Extensión superficial  | 0       | 0       |
|  |                                    | Extensión en volumen   | NA      | NA      |
|  | Propiedad (municipal/privada)      | Propiedad actual   | 0,6     | 0,6     |
| Estructuras existentes, infraestructura y condiciones técnicas | Distancia a estructuras existentes | Distancia a barrios poblados   | 1,0     | 1,0     |
|  |                                    | Distancia a zonas protegidas   | 0,7     | 0,7     |
|  |                                    | Distancia a sitios de recreación   | 0,4     | 0,5     |
|  |                                    | Distancia a zonas sensibles de agricultura   | 0,5     | 0,3     |
|  | Distancia a la infraestructura     | Distancia al centro de gravedad de la procedencia de los desechos                                      | 3,2     | 3,2     |
|  |                                    | Distancia a otra infraestructura existente relacionada al manejo de los desechos sólidos.              | 1,4     | 1,00    |
|  |                                    | Distancia a zonas industriales   | 0,7     | 0,7     |
|  |                                    | Distancia a vías de acceso   | 2,0     | 1,0     |
|  |                                    | Acceso a agua potable o entubada   | 0,1     | 0,1     |

|                                |  |   |     |     |
|--------------------------------|--|---|-----|-----|
|                                | Existencia de la infraestructura necesaria para el relleno sanitario | Estado de las vías de acceso                                  | 0,3 | 0,3 |
|                                |  | Alcantarillado para aguas lixiviadas y aguas servidas         | 0   | 0   |
|                                |  | Drenaje para aguas de lluvia                                  | 0   | 0   |
|                                |  | Electricidad y teléfono                                       | 0,1 | 0,1 |
|                                |  | Necesidad de infraestructura para la preparación del terreno. | 0,3 | 0,1 |
| Naturaleza y ambiente cultural | Impacto de la operación del relleno sanitario                        | Impacto estético al paisaje                                   | 0,4 | 0,4 |
|                                |  | Destrucción de la capa vegetal existente                      | 0,7 | 0   |
|                                |  | Destrucción de biotopos existentes (flora/fauna)              | 0,5 | 0,2 |
|                                |  | Destrucción de valores históricos o tradicionales             | 1,3 | 1,3 |
|                                |  | Otros impactos visuales y estéticos                           | 0,7 | 0,7 |
|                                | Impactos después del cierre del relleno                              | Impacto estético al paisaje                                   | 0,8 | 1,0 |
|                                |  | Destrucción de la capa vegetal existente                      | 0,8 | 0,5 |
|                                |  | Destrucción de biotopos existentes (flora/fauna)              | 0,8 | 0,8 |
|                                |  | Destrucción de valores históricos o tradicionales             | 1,4 | 1,4 |
| Agua                           | Propiedades hidrológicas   | Permeabilidad del suelo                                       | 2,0 | 2,0 |
|                                |  | Cuencas de agua alrededor del sitio del relleno               | 1,9 | 2,1 |
|                                |  | Fuentes de agua dentro y cerca del sitio                      | 2,0 | 0,0 |
|                                |  | Nivel de las capas freáticas dentro del sitio                 | 2,0 | 2,0 |
|                                |  | Drenaje de las aguas superficiales                            | 2,5 | 2,5 |
|                                |  | Medio receptor  | 0,0 | 0,0 |
|                                |  | Protección contra inundaciones                                | 0,8 | 0,8 |

|                   |   |  |     |     |
|-------------------|---|--|-----|-----|
|                   | Drenaje de las aguas lixiviadas y otras aguas de proceso      | Cantidad de aguas lixiviadas esperadas                         | 1,5 | 1,5 |
|                   |   | Posibilidad de conectar el sitio con una planta de tratamiento | 0,0 | 0,0 |
|                   |   | Valores límites de descarga al medio receptor                  | 1,1 | 1,1 |
| Clima y emisiones | Dispersión de las emisiones a gran escala                     | Viento (distribución espacial de las emisiones)                | 4,8 | 4,8 |
|                   |   | Frecuencia de neblina  | 0,3 | 0,3 |
|                   |   | Frecuencia de inversiones atmosféricas                         | 1,0 | 1,0 |
|                   | Contaminación actual del medio ambiente alrededor del sitio   | Polvo y aerosoles  | 0,1 | 0,1 |
|                   |   | SO <sub>2</sub>  | 0,1 | 0,1 |
|                   |   | Olor   | 0,4 | 0,4 |
|                   |   | Ruido  | 0,3 | 0,3 |
|                   | Dispersión de las emisiones a micro-escala (dentro del sitio) | Viento   | 0,0 | 0,0 |
|                   |   | Frecuencia de neblina  | 0,6 | 0,6 |
|                   |   | Frecuencia de inversiones atmosféricas                         | 1,1 | 1,1 |
|                   |   | Polvo y aerosoles  | 0,2 | 0,2 |
|                   |   | SO <sub>2</sub>  | 0,1 | 0,1 |
|                   |   | Gas de escape  | 0,1 | 0,0 |
|                   |   | Olor   | 0,3 | 0,3 |
|                   |   | Ruido  | 0,4 | 0,6 |
|                   | Aptitud natural para minimización de las emisiones            | Producción de polvo durante la operación                       | 0,5 | 0,7 |
|                   |   | Producción de polvo en caso de accidentes                      | 0,2 | 0,2 |
|                   |   | Ruido generado por la operación                                | 0,2 | 0,3 |
|                   |   | Ruido de tráfico en la vía de acceso                           | 0,2 | 0,2 |
|                   |   | Dispersión de materiales volátiles                             | 0,4 | 0,4 |

|  |   |  |      |      |
|--|---|--|------|------|
| Aptitud del sitio para la construcción   | Existencia de material de Cobertura                 | Material para capa impermeable de fondo y de cobertura final | 0,8  | 0,8  |
|  |   | Material para cobertura diaria                               | 4,0  | 4,0  |
|  |   | Material para re-cultivación después del cierre              | 0,6  | 0,6  |
|  | Aptitud del suelo para Excavación                   | Tipo del suelo   | 0,5  | 0,5  |
|  |   | Formación del suelo  | 0,5  | 0,3  |
| Seguridad general  | Condición y aptitud del sitio en caso de catástrofe | Incendio   | 0,2  | 0,2  |
|  |   | Explosiones  | 0,2  | 0,2  |
|  |   | Caída de tierra  | 0,8  | 0,0  |
|  |   | Terremoto  | 0,4  | 0,0  |
|  |   | Accidentes de transporte                                     | 0,2  | 0,2  |
|  |   | Actividad volcánica  | 0,8  | 0,8  |
|  |   | Guerra o guerra civil  | 0,2  | 0,2  |
| Aptitud del sitio concerniente los trabajos a hacer después del cierre del relleno |   | Caídas y asentamientos del terreno                           | 0,0  | 0,0  |
|  |   | Drenaje de las aguas superficiales                           | 0,1  | 0,1  |
|  |   | Drenaje del gas  | 0,3  | 0,3  |
| Total  |   |  | 57,8 | 52,3 |

Nota. (Röben, 2002)

Elaborado por: Jennifer Ruiz; Victoria Unapanta

## **Análisis del cuadro de evaluación del sitio de construcción del relleno**

El sitio A, es el espacio seleccionado para la construcción del relleno sanitario manual por cumplir con la mayoría de criterios (técnicos, ambientales, culturales, de seguridad, entre otros). Por su parte el sitio B, no se considera como el lugar apto para la construcción por presentar características excluyentes dentro de los criterios de seguridad general del relleno.

### **5.3.Capacidad portante del suelo**

Mediante el método triaxial se determinó la cohesión y ángulo de fricción, el cual permite conocer la capacidad portante del suelo (anexo 6).

Con los datos obtenidos en el método empleado se realizó la siguiente relación:

*Donde:*

Cohesión: 0,562Kg/cm<sup>2</sup>

Densidad Compactada: 500 Kg/m<sup>3</sup>

$$\frac{0,562 \text{ Kg}}{\text{cm}^2} * \frac{10000\text{cm}^2}{1\text{m}^2} * \frac{1\text{ton}}{1000\text{Kg}} * \frac{1\text{m}^3}{0,5 \text{ ton}} = 11,24 \text{ m}$$

El resultado obtenido 11,24m indica la altura máxima de soporte del suelo, por lo cual se puede llevar a cabo la construcción del relleno sanitario manual.

### **5.4.Diseño del relleno sanitario manual**

El diseño del relleno sanitario manual, se realizó en base a los criterios establecidos en el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria (CEPIS); adicionalmente, se aplicaron los resultados obtenidos en el presente estudio, mismos que aportaron a la determinación de las características de diseño como se muestran en los siguientes párrafos.

#### **5.4.1. Volumen del relleno sanitario**

El volumen del relleno sanitario, se determinó en base a la generación de residuos proyectados para el año 2024. Además, se consideró una profundidad de 3 metros ya que no existe agua subterránea a dicha distancia y se calcularon los parámetros de volumen descritos a continuación:

- **Volumen de residuos sólidos compactado**

El cálculo del volumen de residuos compactados, se realizó estableciendo la recolección de residuos dos días por semana, durante la vida útil del relleno sanitario. Además, se estableció la densidad de compactación de 500kg/m<sup>3</sup>, valor seleccionado entre un rango de 400-500kg/m<sup>3</sup> (Röben, 2002).

- **Volumen de material de cobertura**

El volumen del material cobertura, se encuentra entre el 20% al 25% del volumen de residuos sólidos compactados, para el presente cálculo se consideró el 20% (Röben, 2002).

- **Volumen de residuos sólidos estabilizados**

Para el cálculo del volumen estabilizado, se estableció la densidad estabilizada de residuos, la cual se encuentra en un rango de 500 a 600 kg/m<sup>3</sup>, considerándose para el presente diseño 600 kg/m<sup>3</sup> (Röben, 2002).

#### 5.4.2. Área requerida para el relleno sanitario

Es el área que se requiere para la construcción total del relleno sanitario es de 2059,22 m<sup>2</sup>, incluyendo un factor de aumento de área adicional para las vías, áreas de retiro o linderos, caseta, portería y patio de maniobras, dicho factor tiene un valor de 1,2.

Fórmulas, utilizadas para cada parámetro descrito se especifican a continuación:

Tabla 28. *Parámetros de diseño*

| Parámetros                 | Fórmula  | Interpretación   |
|----------------------------|--|--|
| Cantidad de RS diaria.     | $DS_d = P_{ob} \times ppc$                         | DS <sub>d</sub> = cantidad de RS producidos en un día (kg/día).<br>P <sub>ob</sub> =población total (hab).<br>ppc = producción per cápita (kg/hab-día).    |
| Volumen de RS compactados. | $V_{dc} = \frac{DS_d \times \frac{7}{2}}{D_{rsC}}$ | V <sub>dc</sub> =volumen de RS compactados por disponer en un día (m <sup>3</sup> /día).<br>7/2= siete días de producción de RS / dos días de recolección. |

|   |  |   |
|---|--|---|
|   | $V_{ac} = V_{dc} \times 365$                               | $D_{rsC}$ =densidad de los RS recién compactados (400-500 kg/m <sup>3</sup> ).<br>$V_{ac}$ = volumen de RS en un año (m <sup>3</sup> /año)  |
| Volumen del material de cobertura diario. | $m.c.d = V_{dc} \times 0,20$<br>$m.c.a = m.c.d \times 365$ | $m.c.$ =material de cobertura equivale al 20 a 25% del volumen de los desechos recién compactados.<br>$m.c.d$ = material de cobertura diario.<br>$m.c.a$ = material de cobertura anual.                           |
| Residuos sólidos estabilizados            | $V_E = \frac{DS_d \times \frac{7}{2}}{D_{rsE}} \times 365$ | $V_E$ =volumen de RS estabilizados (m <sup>3</sup> /año).<br>$D_{rsE}$ =densidad de los RS estabilizados (500-600 kg/m <sup>3</sup> ).  |
| Volumen del relleno sanitario por año.    | $V_{RS} = m.c.a + V_E$                                     | $V_{RS}$ = volumen del relleno sanitario (m <sup>3</sup> /año).   |
| Volumen total del relleno sanitario       | $V_{RSvu} = \sum_{i=1}^n V_{RS}$                           | $V_{RSvu}$ = volumen total ocupado durante la vida útil del relleno sanitario (m <sup>3</sup> ).  |
| Área requerida del relleno.               | $A_{RS} = \frac{V_{RSacumulado}}{h_{RS}}$                  | $A_{RS}$ = área por rellenar sucesivamente (m <sup>2</sup> ).<br>$V_{RSacumulado}$ = volumen acumulado del relleno sanitario (m <sup>3</sup> /año).<br>$h_{RS}$ = altura o profundidad del relleno sanitario (m). |
| Área total requerida.                     | $A_T = A_{RS} \times F$                                    | $A_T$ =área total requerida (m <sup>2</sup> ).<br>$F$ =factor de aumento del área adicional. Este es entre 1,2-1,4 (20-40%) del área que se deberá rellenar.  |

Nota. (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2002)

Elaborado por: Jennifer Ruiz; Victoria Unapanta

Los requerimientos de volumen y área para el relleno sanitario se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 29. Características del relleno sanitario

| Año  | Población<br>(hab) | ppc<br>(Kg/hab/día) | Volumen (m³)       |                    |                        |                                 |               |                          |               |  |                   |           | Área requerida (m²) |                         |
|------|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------|------------------------|---------------------------------|---------------|--------------------------|---------------|--|-------------------|-----------|---------------------|-------------------------|
|      |                    |                     | Diaria<br>(Kg/día) | Anual<br>(Ton/año) | Acumulada<br>(Ton/año) | Residuos sólidos<br>compactados |               | Material de<br>cobertura |               | Residuos<br>sólidos<br>estabilizados<br>(m³/año) | Relleno sanitario |           | Relleno<br>Ar       | total<br>A <sub>T</sub> |
|      |                    |                     |                    |                    |                        | Diaria<br>(m³)                  | Anual<br>(m³) | Diaria<br>(m³)           | Anual<br>(m³) |  | m³                | Acumulada |                     |                         |
|      | 1                  | 2                   | 3                  | 4                  | 5                      | 6                               | 7             | 8                        | 9             | 10   | 11                | 12        | 13                  | 14                      |
| 2014 | 521                | 0,27                | 140,67             | 51,34              | 51,345                 | 0,985                           | 359,412       | 0,197                    | 71,882        | 299,510  | 371,392           | 371,392   | 123,797             | 148,56                  |
| 2015 | 539                | 0,27                | 147,040            | 53,67              | 105,014                | 1,029                           | 375,687       | 0,206                    | 75,137        | 313,072  | 388,210           | 759,602   | 253,200             | 303,84                  |
| 2016 | 558                | 0,28                | 153,698            | 56,10              | 161,114                | 1,076                           | 392,698       | 0,215                    | 78,540        | 327,249  | 405,788           | 1165,390  | 388,463             | 466,16                  |
| 2017 | 578                | 0,28                | 160,658            | 58,64              | 219,754                | 1,125                           | 410,480       | 0,225                    | 82,096        | 342,067  | 424,163           | 1589,553  | 529,851             | 635,82                  |
| 2018 | 598                | 0,28                | 167,933            | 61,30              | 281,049                | 1,176                           | 429,068       | 0,235                    | 85,814        | 357,556  | 443,370           | 2032,923  | 677,641             | 813,17                  |
| 2019 | 619                | 0,28                | 175,537            | 64,07              | 345,120                | 1,229                           | 448,497       | 0,246                    | 89,699        | 373,747  | 463,446           | 2496,370  | 832,123             | 998,55                  |
| 2020 | 640                | 0,29                | 183,485            | 66,97              | 412,092                | 1,284                           | 468,805       | 0,257                    | 93,761        | 390,671  | 484,432           | 2980,802  | 993,600             | 1192,32                 |
| 2021 | 663                | 0,29                | 191,794            | 70,00              | 482,097                | 1,343                           | 490,034       | 0,269                    | 98,007        | 408,361  | 506,368           | 3487,170  | 1162,389            | 1394,87                 |
| 2022 | 686                | 0,29                | 200,479            | 73,17              | 555,272                | 1,403                           | 512,223       | 0,281                    | 102,445       | 426,853  | 529,297           | 4016,467  | 1338,822            | 1606,59                 |
| 2023 | 710                | 0,30                | 209,557            | 76,49              | 631,760                | 1,467                           | 535,417       | 0,293                    | 107,083       | 446,181  | 553,265           | 4569,732  | 1523,243            | 1827,89                 |
| 2024 | 734                | 0,30                | 219,046            | 79,95              | 711,712                | 1,533                           | 559,662       | 0,307                    | 111,932       | 466,385  | 578,318           | 5148,049  | 1716,016            | 2059,22                 |

Nota. Requerimientos de área y volumen para el diseño del relleno sanitario  
Elaborado por: Jennifer Ruiz; Victoria Unapanta



### **Análisis del cuadro de características del relleno sanitario:**

El sitio seleccionado para la ubicación del relleno sanitario, posee un área de 2224,31 m<sup>2</sup>, lo que significa que cubre los requerimientos de superficie y volumen calculados anteriormente en la tabla 29.

### **5.4.3. Método de Zanja o Trinchera**

El método de zanja llamado también de trinchera, consiste en la construcción de zanjas dimensionadas en base al área de terreno que se cuenta. Generalmente este método es utilizado en terrenos relativamente planos, en la cual se depositan los residuos, se compacta y se coloca material de cobertura que en este caso es la misma tierra que se sacó de la zanja y finalmente se vuelve a compactar (Gómez Vega, 2007, pág. 207).

#### **5.4.3.1. Diseño de la zanja**

Tabla 30. *Diseño de zanjas*

| <b>Parámetro</b>     | <b>Fórmula</b>                           | <b>Interpretación</b>   |
|----------------------|--|---|
| Volumen de la zanja  | $V_z = \frac{t * D_{sr} * m.c}{D_{rsm}}$ | $V_z$ = Volumen de la zanja (m <sup>3</sup> )<br>$t$ = Tiempo de vida útil (días)<br>$D_{sr}$ = Cantidad de RS recolectados (kg/día)<br>$m.c.$ = Material de cobertura (20-25% del volumen compactado)<br>$D_{rsm}$ = Densidad de los RS en el relleno (kg/m <sup>3</sup> ) |
| Largo                | $l = \frac{V_z}{a * h_z}$                | $l$ = Largo o longitud de la zanja (m)<br>$V_z$ = Volumen de la zanja (m <sup>3</sup> )<br>$a$ = Ancho (m)<br>$h_z$ = Profundidad (m)   |
| Tiempo de Maquinaria | $t_{exc} = \frac{V_z}{R * J}$            | $t_{exc}$ = Tiempo de la maquinaria para la excavación de la zanja (días)<br>$V_z$ = Volumen de la zanja (m <sup>3</sup> )<br>$R$ = Rendimiento de excavación del equipo pesado (m <sup>3</sup> /hora)  |

|                       |                           |   |
|-----------------------|---------------------------|---|
|                       |                           | J = Jornada de trabajo diario (horas/día)   |
| Número de zanjás      | $n = \frac{At}{F * Az}$   | n = Número de zanjás<br>At = Área total del terreno (m <sup>2</sup> )<br>F = Factor para áreas adicionales de 1.2 a 1.4 (20-40%)<br>Az = Área de la zanja (m <sup>2</sup> ) |
| Vida útil del terreno | $Vu = \frac{tz * n}{365}$ | Vu = Vida útil del terreno (años)<br>tz = tiempo de servicio de la zanja (días)   |

Nota. (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2002)

Elaborado por: Jennifer Ruiz; Victoria Unapanta

Según el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), las dimensiones de las zanjás tienen las siguientes especificaciones:

- Profundidad de la zanja, que debe ser de 2 a 4 metros de acuerdo con el nivel freático, tipo de suelo, equipo y costos de excavación.
- Ancho de la zanja, que debe medir entre 3 y 6 metros

Para efectos del presente diseño, se tomó en cuenta una longitud de 40m, profundidad de 3m y ancho de 2,5 m, esta última se ha tomado un valor menor a lo especificado por la CEPIS, dado que se prevé diseñar zanjás de mayor longitud.

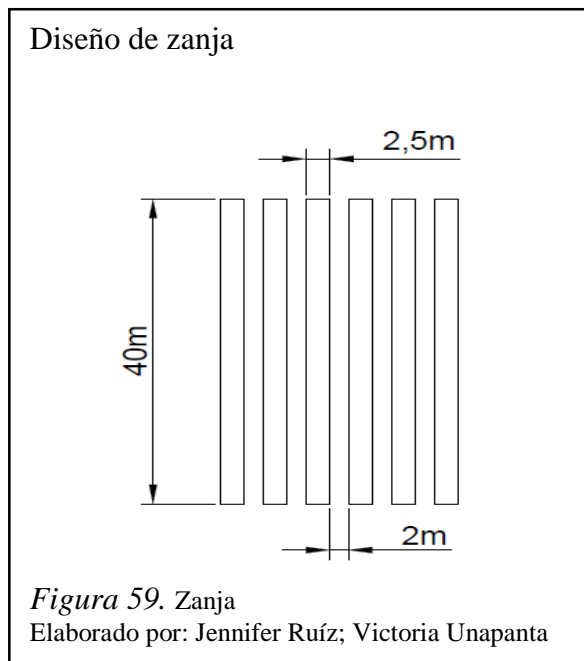
En relación al tiempo de la maquinaria, se debe tener en cuenta el material del suelo, pericia del conductor y potencia de la misma, para lo cual, se aplica el rendimiento de 30 m<sup>3</sup>/hora (Tractor s/Orugas CAT-D8L) (CAT, 2015) y una jornada de trabajo de 1 hora/día. Además, se prevé tener un tiempo de vida útil de la zanja de 608 días, es decir 1 año 8 meses 3 días.

Tabla 31. Resultados diseño de zanjás

| Diseño de la zanja      |       |                  |
|-------------------------|-------|------------------|
| Parámetro               | Valor | Unidad de medida |
| Volumen de la zanja     | 320   | m <sup>3</sup>   |
| Longitud                | 40    | m                |
| Tiempo de la maquinaria | 1     | Días             |
| Área de la zanja        | 100   | m <sup>2</sup>   |
| Número de zanjás        | 6     | zanjás           |
| Vida Útil del Terreno   | 10    | años             |

Nota. Dimensiones de zanja

Elaborado por: Jennifer Ruiz; Victoria Unapanta

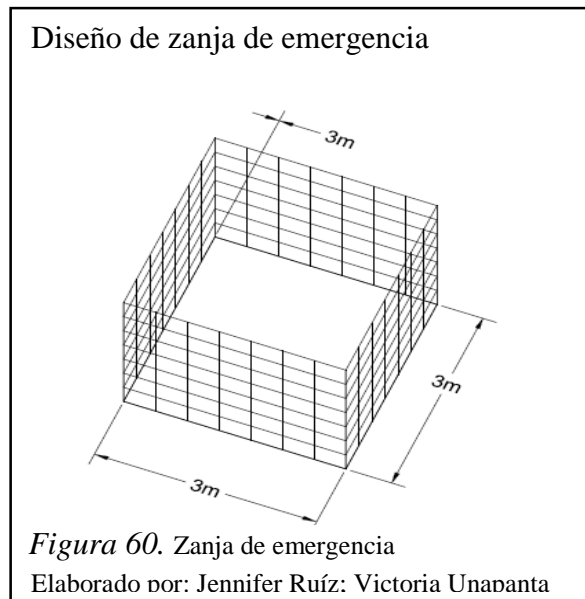


#### 5.4.3.2.Diseño de la zanja de emergencia

La zanja de emergencia, se destina para la disposición de residuos infecciosos, ya que durante la caracterización de residuos se obtuvo 2,25 kg de residuos de medicina. Por lo cual no fue necesario realizar una celda de grandes dimensiones. Sin embargo, se dispone en este diseño una celda de emergencia como medida de prevención ante posibles incrementos en el futuro.

| Parámetro   | Valor | Unidad         |
|-------------|-------|----------------|
| Volumen     | 27    | m <sup>3</sup> |
| Área        | 9     | m <sup>2</sup> |
| Ancho       | 3     | m              |
| Largo       | 3     | m              |
| Profundidad | 3     | m              |

Nota. Dimensiones de la zanja de emergencia  
Elaborado por: Jennifer Ruíz; Victoria Unapanta



#### 5.4.4. Diseño del canal interceptor de aguas de escorrentía

Tabla 32. *Interceptor de aguas de escorrentía*

| Parámetro                      | Fórmula  | Interpretación  |
|--------------------------------|--|---|
| Caudal de escorrentía          | $Q_p = C \cdot I \cdot A$                          | $Q$ = caudal de escorrentía ( $m^3/s$ )<br>$C$ =coeficiente de escorrentía sin dimensiones 0.55<br>$I$ =intensidad (mm/h)                   |
| Área de la sección de la zanja | $A = \frac{Q_p}{v}$                                | $A$ = área de la sección de la zanja ( $m^2$ )<br>$v$ = velocidad máxima promedio (m/seg)   |
| Altura Efectiva del canal      | $h = \sqrt{\frac{A \cos \alpha}{2 - \sin \alpha}}$ | $h$ =altura efectiva del canal<br>$A$ = sección transversal del canal ( $m^2$ ).<br>$\alpha$ = ángulo del talud con respecto a la vertical. |
| Base de Fondo                  | $b = \frac{A}{h} - h * \operatorname{tg} \alpha$   | $b$ =base de fondo (m)<br>$A$ = área de sección de la zanja<br>$h$ =altura efectiva del canal ( $m^2$ )                                     |
| Longitud del talud             | $l = \frac{h}{\cos \alpha}$                        | $l$ =longitud de talud (m)  |

|                         |   |  |
|-------------------------|---|--|
|                         |   | $\alpha$ = ángulo del talud con respecto a la vertical.<br>h= altura efectiva del canal (m)  |
| Perímetro mojado        | $P = b + 2 * l$   | P= perímetro mojado (m)<br>b=base de fondo (m)<br>l= longitud (m)  |
| Radio Hidráulico        | $R = \frac{h}{2}$   | R= radio Hidráulico<br>h=altura efectiva del canal (m)   |
| Pendiente               | $Q = \frac{1}{n} * S o^{\frac{1}{2}} * R^{\frac{2}{3}} * A$ | Q= caudal a conducir (m <sup>3</sup> /s)<br>n= coeficiente de rozamiento de Manning.<br>s= pendiente longitudinal del canal (m/m)<br>R= radio hidráulico (m)<br>A= sección transversal (m <sup>2</sup> ) |
| Revancha                | $r = \frac{1}{3} * h$                                       | r=revancha<br>h=altura efectiva del canal (m)  |
| Longitud real del talud | $l_r = l * r$   | r=revancha<br>l=longitud del talud (m)   |

Nota. (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2002); (Pizarro, Flores, Sangüesa, & Martínez, 2014)

Elaborado por: Jennifer Ruíz; Victoria Unapanta

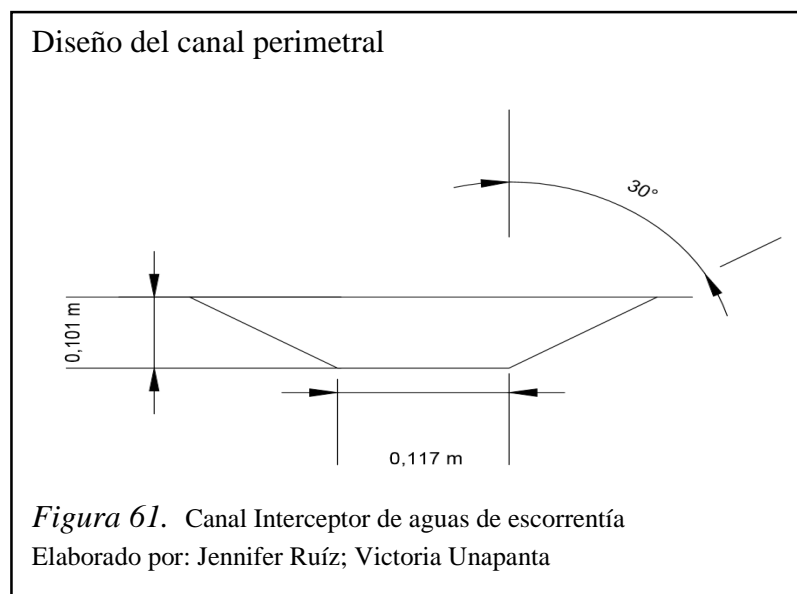
El diseño del interceptor de aguas de escorrentía, está en función de la precipitación que se produce en el recinto para determinar las características de los drenajes perimetrales, con el fin de minimizar la contaminación por lixiviados. Para la infraestructura del canal, se consideró de forma trapezoidal y revestido de concreto (0,0014), dimensionado de acuerdo a las condiciones de precipitación, características del suelo, pendiente a un ángulo de 30° y velocidad máximas permitidas en los canales, en base al tipo de suelo (0,5 m/s) así como el área de la cuenca (2224,3 m<sup>2</sup>). Además, con el objeto de evitar derrames por turbulencia del agua, se diseñó un margen de seguridad llamado revancha el cual se le suma a la longitud inicial para obtener una longitud real del canal interceptor (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2002); (Pizarro, Flores, Sangüesa, & Martínez, 2014).

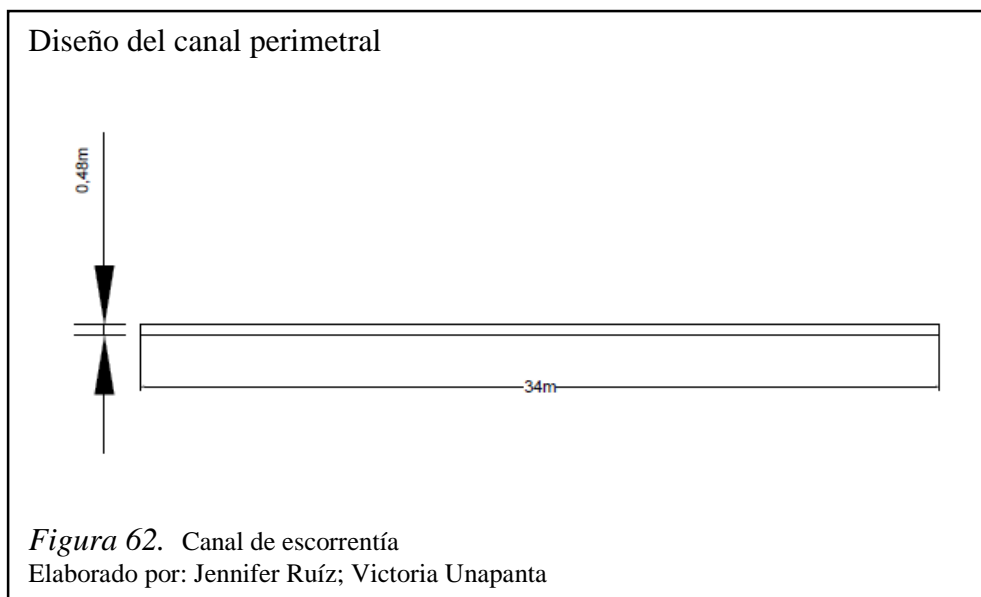
Tabla 33. Resultados canal interceptor de aguas de escorrentia

| Diseño del canal interceptor de aguas de escorrentia |       |                   |
|--|-------|-------------------|
| Parámetro  | Valor | Unidad de medida  |
| Caudal (Q)   | 0,009 | m <sup>3</sup> /s |
| Área de la sección del canal(A)                      | 0,018 | m <sup>2</sup>    |
| Altura efectiva del canal (h)                        | 0,101 | m                 |
| Base de fondo (b)                                    | 0,117 | m                 |
| Longitud del talud (l)                               | 0,117 | m                 |
| Perímetro mojado (P)                                 | 0,350 | m                 |
| Radio hidráulico (R)                                 | 0,051 | m                 |
| Pendiente (s)  | 0,003 | m/m               |
| Revancha (r)   | 0,004 | m                 |
| Longitud real del talud (lr)                         | 0,121 | m                 |

Nota. Dimensiones de canal interceptor de aguas de escorrentia

Elaborado por: Jennifer Ruíz; Victoria Unapanta





#### 5.4.5. Diseño sistema de drenaje de lixiviado o percolado

Tabla 34. *Diseño del sistema de drenaje de lixiviados*

| Parámetro                          | Fórmula                       | Interpretación   |
|------------------------------------|-------------------------------|--|
| Caudal medio de lixiviado          | $Q = \frac{1}{t} * P * A * K$ | <p><math>Q</math>= caudal medio de lixiviado o líquido percolado (L/seg)</p> <p><math>P</math> = precipitación media anual (mm/año)</p> <p><math>A</math> = área superficial del relleno (<math>m^2</math>)</p> <p><math>t</math> = número de segundos en un año (31.536.000 seg/año)</p> <p><math>K</math>= coeficiente que depende del grado de compactación de la basura (0,30)</p> |
| Caudal medio de lixiviado generado | $Q_{lm} = P * A * K$          | <p><math>Q_{lm}</math> = caudal medio de lixiviado generado (<math>m^3</math>/mes)</p> <p><math>P_m</math> = precipitación máxima mensual (mm/mes)</p> <p><math>A</math> = área superficial del relleno (<math>m^2</math>)</p> <p><math>K</math> = coeficiente que depende del grado de compactación de la basura (0,30)</p>   |

|                                      |                   |   |
|--------------------------------------|-------------------|---|
| Volumen de<br>lixiviado              | $V = Q_{lm} * t$  | $V$ = volumen de lixiviado que será almacenado ( $m^3$ )<br>$Q_{lm}$ = caudal medio de lixiviado generado ( $m^3/mes$ )<br>$t$ = número máximo de meses con lluvias consecutivas (mes)        |
| Longitud del<br>sistema de<br>zanjas | $h = \frac{V}{a}$ | $h$ = longitud de las zanjas de almacenamiento (m)<br>$V$ = volumen de lixiviado que será almacenado durante los periodos de lluvia ( $m^3$ )<br>$a$ = área superficial del relleno ( $m^2$ ) |

Nota. (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2002)  
Elaborado por: Jennifer Ruíz; Victoria Unapanta

Para el diseño del sistema de drenaje de lixiviado, se toma en cuenta parámetros tales como: la precipitación, evapotranspiración, humedad, grado de compactación, capacidad del suelo y capacidad de retención de humedad de los residuos.

El volumen de lixiviados que se produce, no solo proviene de los residuos sino también de las precipitaciones que caen sobre el relleno (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2002).

El caudal de los lixiviados que se produce, se estimó mediante el coeficiente de compactación dado para rellenos débilmente compactados con peso específico mayor a  $0,4 \text{ t/m}^3$  es decir producción de lixiviado del 25 al 50%, por lo cual se escogió 0,30. Ya que la producción de lixiviados se presenta anualmente, se hace necesario realizar un caudal mensual en función de las precipitaciones de los meses máximos de lluvia ya que es importante para estimar la red de drenaje (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2002).

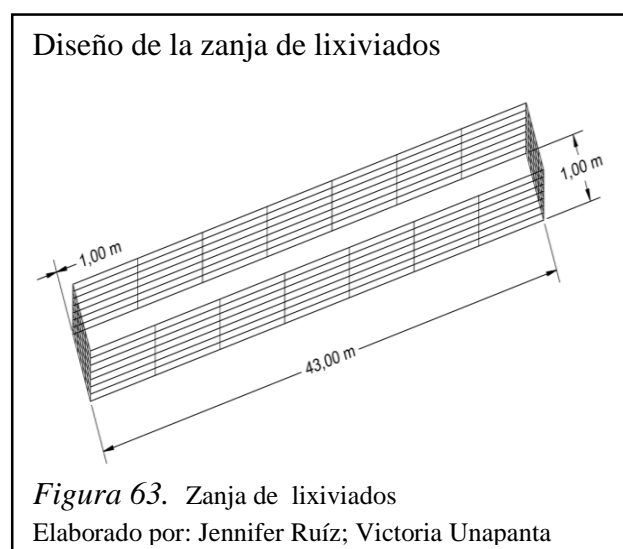
Mediante los caudales obtenidos se dimensiona el sistema de zanjas para el almacenamiento de lixiviados, para lo cual se consideró 1 metro de profundidad y 1 metro de ancho, debido a que no se tiene un volumen alto de generación de lixiviados, tomando en cuenta que lo óptimo es evitar la producción de lixiviados.



Tabla 35. Resultados sistema de drenaje de lixiviados

| Diseño sistema de drenaje de lixiviados              |        |                     |
|--|--------|---------------------|
| Parámetro  | Valor  | Unidades de medida  |
| Caudal medio de lixiviado (Q)                        | 7,06   | m <sup>3</sup> /mes |
| Caudal medio de lixiviado mensual (Q <sub>lm</sub> ) | 186,15 | m <sup>3</sup> /mes |
| Volumen de lixiviados                                | 35,33  | m <sup>3</sup> /mes |
| Ancho  | 1,00   | m                   |
| Longitud (l)   | 43,00  | m                   |
| Área superficial de la zanja (A)                     | 43,00  | m <sup>2</sup>      |
| Profundidad  | 1,00   | m                   |

Nota. Dimensiones del sistema de drenaje de lixiviados  
Elaborado por: Jennifer Ruíz; Victoria Unapanta



#### 5.4.5.1. Recirculación de lixiviado

La recirculación de lixiviados, es el método que se va a emplear para el manejo de los mismos, el cual, consiste en atenuar o diluir los compuestos orgánicos e inorgánicos, mediante procesos biológicos y reacciones químicas, tales como, la conversión de ácidos grasos simples a metano. Cabe destacar que la recirculación de lixiviado incrementa la producción de biogás.

#### 5.4.6. Diseño de la celda diaria

Tabla 36. *Diseño de la celda diaria*

| Parámetro   | Fórmula                        | Interpretación   |
|---|--------------------------------|--|
| Cantidad media diaria de residuos en el relleno sanitario | $DSrs = DSp * \frac{7}{dhab}$  | <p><math>DSrs</math> = cantidad media diaria de RSM en el relleno sanitario (kg/día)</p> <p><math>DSp</math> = cantidad de RSM producidos por día (kg/día)</p> <p><math>dhab</math> = días hábiles o laborables en una semana</p>        |
| Volumen de la celda diaria                                | $Vc = \frac{DSrs}{Drsm} * m.c$ | <p><math>Vc</math> = volumen de la celda diaria (m<sup>3</sup>)</p> <p><math>Drsm</math> = densidad de los RS recién compactados en el relleno sanitario Manual (500 kg/m<sup>3</sup>)</p> <p>m. c. = material de cobertura (20-25%)</p> |
| Área de la celda  | $Ac = \frac{Vc}{hc}$           | <p><math>Ac</math> = área de la celda (m<sup>2</sup>/día)</p> <p><math>hc</math> = altura de la celda (m) entre 1 y 1,5 m para rellenos sanitarios con operación manual, con lo que disminuye el material de cobertura.</p>              |
| Longitud  | $l = \frac{Ac}{a}$             | <p><math>a</math> = ancho que se fija de acuerdo con el frente de trabajo necesario para la descarga de la basura por los vehículos recolectores (m).</p>  |

Nota. (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2002)

Elaborado por: Jennifer Ruíz; Victoria Unapanta

La celda diaria, está compuesta por material de cobertura más residuos con el propósito de utilizar menores volúmenes de tierra. En tal sentido, las dimensiones y volumen de celda dependen de: la cantidad diaria de residuos, grado de compactación, altura de la celda y descarga de los residuos provenientes de los vehículos (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2002).

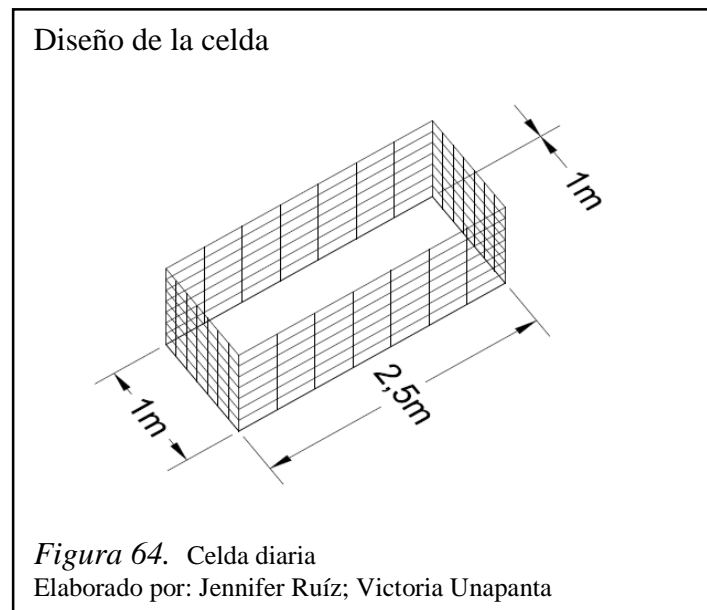
Para efectos del presente diseño, se estableció una profundidad de 1,00 m y ancho de 2,50 m, teniendo en cuenta mantener un frente de trabajo óptimo y eficaz.

Tabla 37. Resultados celda diaria

| Diseño de la celda diaria                 |        |                      |
|---|--------|----------------------|
| Parámetro                                 | Valor  | Unidades de medición |
| Cantidad de residuos que se debe disponer | 767,00 | kg/día               |
| Volumen de la celda diaria                | 2,00   | m <sup>3</sup>       |
| Área de la celda                          | 2,50   | m <sup>2</sup>       |
| Largo de la celda                         | 1,00   | m                    |

Nota. Dimensiones de la celda diaria

Elaborado por: Jennifer Ruíz; Victoria Unapanta



#### 5.4.7. Mano de Obra

Tabla 38. Número de trabajadores

| Parámetro                | Fórmulas  | Unidad de medida |
|--------------------------|---|------------------|
| Movimiento de desechos   | $\frac{\text{Desechos sólidos } (\frac{t}{\text{día}})}{(0,95t/\text{hora} - \text{hombre})} * \frac{1}{6 \text{ horas}}$ | hombre/día       |
| Compactación de desechos | $\frac{\text{Área superficial } (m^2)}{(20m^2/\text{hora} - \text{hombre})} * \frac{1}{6 \text{ horas}}$                  | hombre/día       |
| Movimiento de tierra     | $\frac{\text{Tierra } m^3}{(0,35 \text{ a } 0,70)m^3/\text{hora} - \text{hombre}} * \frac{1}{6 \text{ horas}}$            | hombre/día       |
| Compactación de la celda | $\frac{\text{Área superficial } (m^2)}{(20m^2/\text{hora} - \text{hombre})} * \frac{1}{6 \text{ horas}}$                  | hombre/día       |

Nota. (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2002)

Elaborado por: Jennifer Ruíz; Victoria Unapanta

En el cálculo de la mano de obra, se considera la construcción del área de la celda diaria por la cantidad de residuos, disponibilidad de material de cobertura, condiciones del clima, jornada de trabajo, días laborables, descarga de residuos frente al trabajo según la distancia y finalmente del rendimiento de la mano de obra (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2002).

Además, se toma en cuenta la necesidad de contratar un supervisor para la construcción del relleno sanitario.

Tabla 39. *Resultados mano de obra*

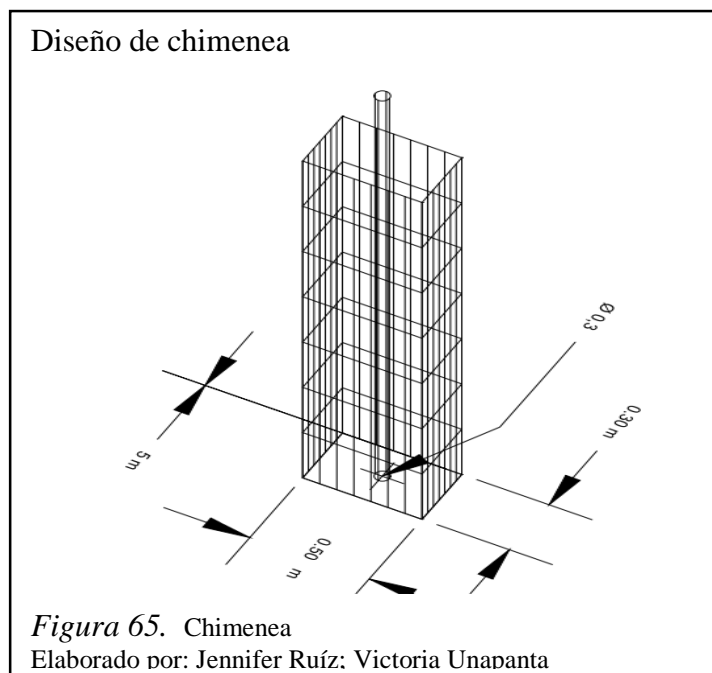
| <b>Mano de obra</b>      |              |                           |
|--------------------------|--------------|---------------------------|
| <b>Parámetro</b>         | <b>Valor</b> | <b>Unidades de medida</b> |
| Movimientos de desechos  | 0,04         | hombre /día               |
| Compactación de desechos | 0,02         | hombre /día               |
| Movimiento de tierra     | 0,15         | hombre /día               |
| Compactación de la celda | 0,02         | hombre /día               |
| <b>Total</b>             | <b>1</b>     | <b>hombre /día</b>        |

Nota. Personas requeridas para la mano de obra  
Elaborado por: Jennifer Ruíz; Victoria Unapanta

#### 5.4.8. Diseño de chimenea

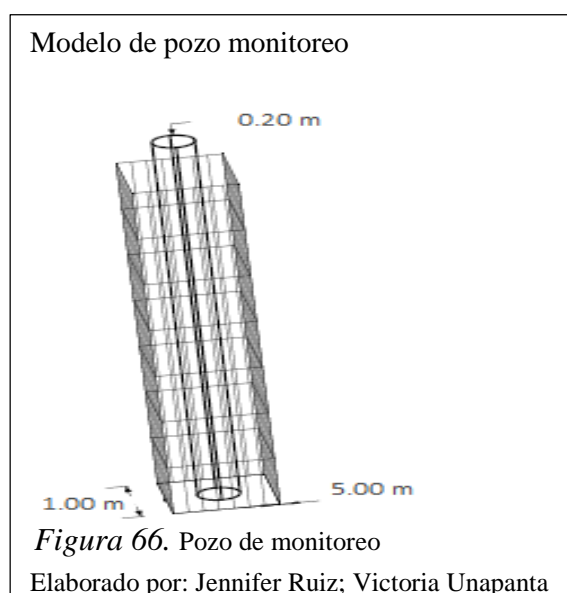
El sistema de drenaje de gases o también conocida como chimenea dentro del diseño del relleno sanitario manual, es de un diámetro de 0,3 m, largo 0,5m, ancho 0,3m y profundidad de 5m. Las chimeneas se colocan cada 10m, dadas las especificaciones del terreno.

La construcción del sistema de ventilación, se construye a base de piedra o tubería perforada de concreto que atraviesen todo el relleno de forma vertical, conectándose con el drenaje de lixiviados. Además, se colocan dos tubos, el primer tubo con la función de facilitar la compactación y drenaje de gases y el segundo con la función que el gas metano pueda ser quemado a la salida así evitando olores, también se recomienda la instalación de una caperuza metálica y mechón para encender el mechero a la salida del gas (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2002).



#### 5.4.9. Pozos de monitoreo

Como medida de seguridad, se debe ubicar un pozo de monitoreo a 20 metros del área de relleno, con el fin de comprobar que no existe contaminación del aguas subterráneas por el mismo. Para la construcción de dicho pozo, se requiere hallar el nivel freático máximo de hasta 5m de profundidad e instalar una tubería de 8" de diámetro que permita la toma de muestras.



En caso de no encontrar agua subterránea a dicha profundidad, se debe identificar un pozo cercano al relleno para la toma de muestras.

## 5.4.10. Presupuesto

Tabla 40. *Presupuesto*

| Diseño de relleno sanitario manual para el recinto Cristóbal Colón cantón Quinindé-<br>provincia de Esmeraldas |                |          |                      |                  |
|--|----------------|----------|----------------------|------------------|
|  | Unidad         | Cantidad | Precio Unitario (\$) | Precio total     |
| <b><i>Vía de ingreso</i></b>   |                |          |                      |                  |
| Limpieza de terreno  | m <sup>2</sup> | 106      | 2,76                 | 292,56           |
| <b><i>Movimiento de tierras del relleno sanitario</i></b>  |                |          |                      |                  |
| Replanteo y nivelación   | Ha             | 0,2224   | 225,0                | 50,04            |
| <b><i>Chimenea</i></b>   |                |          |                      |                  |
| Excavación (cerramiento de malla, piedra, quemador)  | U              | 7        | 347,51               | 2432,57          |
| <b><i>Zanja</i></b>  |                |          |                      |                  |
| Excavación   | m <sup>2</sup> | 585,2    | 2,59                 | 1515,67          |
| Geomembrana  | m <sup>2</sup> | 685,2    | 6,34                 | 4344,17          |
| <b><i>Canal receptor de lixiviados</i></b>   |                |          |                      |                  |
| Tubería 200mm  | M              | 143,5    | 11,12                | 1595,72          |
| Grava alrededor de la tubería  | m <sup>3</sup> | 71,75    | 17,58                | 1261,36          |
| <b><i>Canal receptor de agua de escorrentía</i></b>  |                |          |                      |                  |
| Excavación del canal de escorrentía  | m <sup>2</sup> | 86,96    | 9,25                 | 804,38           |
| Replanteo en canales   | m <sup>2</sup> | 86,96    | 134,48               | 11694,38         |
| <b><i>Piscina de lixiviados</i></b>  |                |          |                      |                  |
| Excavación de la fosa  | m <sup>2</sup> | 43,6     | 2,59                 | 112,92           |
| Enlucido interior  | m <sup>2</sup> | 43,6     | 6,39                 | 278,60           |
| Tapa metálica  | U              | 1        | 105,31               | 105,31           |
| <b><i>Cerramiento</i></b>  |                |          |                      |                  |
| Cerca de púa 4 hilos   | m <sup>2</sup> | 2224,4   | 4,86                 | 10810,58         |
| Puerta malla   | M              | 5        | 156                  | 780              |
| <b><i>Cartel y poste</i></b>   |                |          |                      |                  |
| Madera tratada   | m <sup>2</sup> |          |                      | 6344,67          |
| <b><i>Cierre</i></b>   |                |          |                      |                  |
| Relleno de la zanja con suelo natural  | m <sup>2</sup> | 585,2    | 3,89                 | 2276,428         |
| <b><i>Restauración</i></b>   |                |          |                      |                  |
| Plantas  |                |          |                      | 272,16           |
| <b><i>Guarda ropa y cuarto de seguridad</i></b>  |                |          |                      |                  |
| Guarda- ropa   | m <sup>2</sup> | 25       | 185                  | 4625             |
| Cuarto de seguridad  | m <sup>2</sup> | 3        | 185                  | 555              |
| <b>TOTAL (\$)</b>  |                |          |                      | <b>50151,518</b> |

Nota. (Cisneros, 2012)

Elaborado por: Jennifer Ruiz; Victoria Unapanta

## CAPÍTULO 6

### RUTAS Y HORARIOS DE RECOLECCIÓN

#### 6.1.Recolección

La recolección, es una etapa importante para la gestión integral de los residuos, la cual consiste recoger los residuos desde la fuente para transportarlos hacia el sitio de disposición final.

Los tipos de recolección son los siguientes:

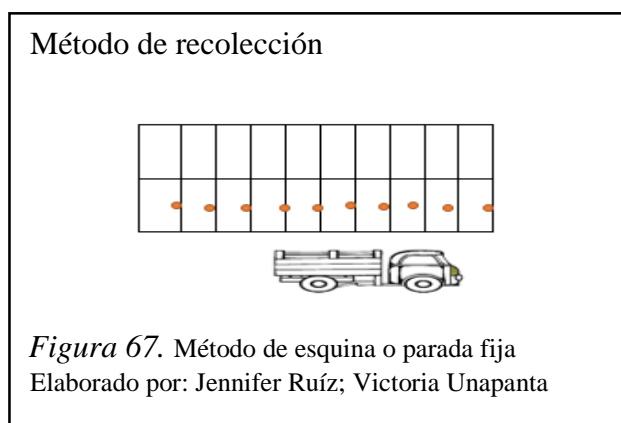
- Método de esquina o de parada fija
- Método de acera
- Método intra-domiciliario o de llevar y traer
- Método de contenedores

(SEDESOL, 2014)

Para la presente planificación, se utiliza el método de esquina o parada fija y el método de acera, debido a que no en todo el recinto se tiene vías de acceso directo a todas las viviendas. Además, de ahorrar tiempo y distancia.

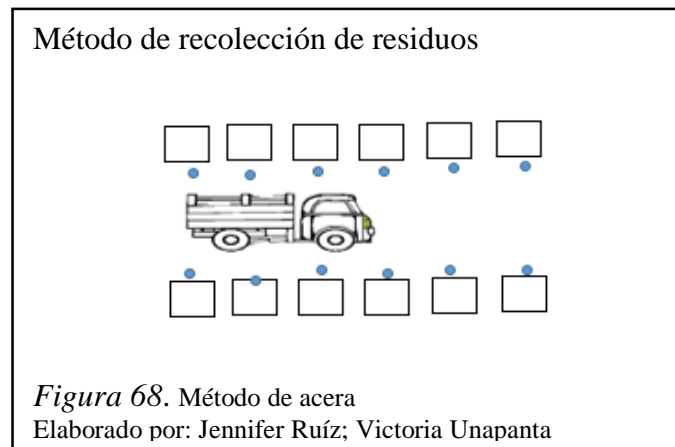
##### 6.1.1. Método de Esquina o Parada Fija

Este método consiste en recoger los residuos en las esquinas de las calles o los usuarios se acercan al vehículo recolector a dejar al operario los residuos (Instituto Nacional de Ecología, 2001, pág. 42). Este método aplicará, ya que existen viviendas lejanas a las calles o en ocasiones son vías improvisadas por las personas siendo estas estrechas.



### 6.1.2. Método de Acera

Consiste en recoger los residuos que se sacan frente a las viviendas y existen operarios, quienes se encargan de recoger las bolsas o recipientes y colocarlos en el vehículo recolector (Instituto Nacional de Ecología, 2001, pág. 42). En el caso del recinto, se emplea este método para las calles principales y secundarias con acceso ilimitado.



### 6.2. Equipos de Recolección

El equipo de recolección que se emplea para el recinto es un elemento importante, ya que éste es el que transportará los residuos desde la fuente hacia el sitio de disposición final.

Cabe recalcar, que no es necesario el uso de vehículos especializados para la recolección de los residuos, más aún cuando se trata de un recinto donde no existe una generación excesiva. Además, no se tiene facilidad de acceso, maniobrabilidad entre otras. Por lo expuesto, se recomienda una unidad no convencional de recolección como una carreta movilizada por un animal o una camioneta de carga, obteniendo un mayor rendimiento y más económico (SEDESOL, 2014).

De acuerdo a la generación diaria de residuos (140,67 kg/día), se prevé tener un vehículo con capacidad de 0,98 m<sup>3</sup>, para poder abarcar todos los residuos diarios.





### 6.2.1. Seguridad de trabajo en la recolección de residuos

La seguridad de trabajo, se distribuye en los 2 operarios y 1 conductor. Las seguridades que se deben tener son las siguientes (CEPIS, 1980):

- Conducir a velocidades reducidas
- Respetar las intercepciones dentro del recinto
- Evitar accidentes de tránsito
- No ir sentado dentro de la carrocería del vehículo
- Al recolectar los residuos de las bolsas o sacos no abrazarlos ya que podría existir elementos corta punzantes.
- Equipo de protección personal (uniforme completo, guantes, botas, mascarilla).

### 6.3.Frecuencia de recolección

La frecuencia de recolección, se estima realizarlo 2 veces a la semana, ya que no representa realizarlo muy seguido por la cantidad de residuos generados por día. Además, se ejecutará los días lunes y jueves en un solo viaje que durará una hora y media, a partir de las 8:00 am a 9:30am, con el fin de evitar molestias por el acarreo de residuos en horas de la tarde donde es la mayor concentración de gente en el recinto.

Tabla 41. *Frecuencia de recolección*

| Días a la semana | Horario (horas) | Duración (horas) |
|------------------|-----------------|------------------|
| Lunes            | 8:00 a 9:30     | 1: 30            |
| Jueves           | 8:00 a 9:30     | 1:30             |

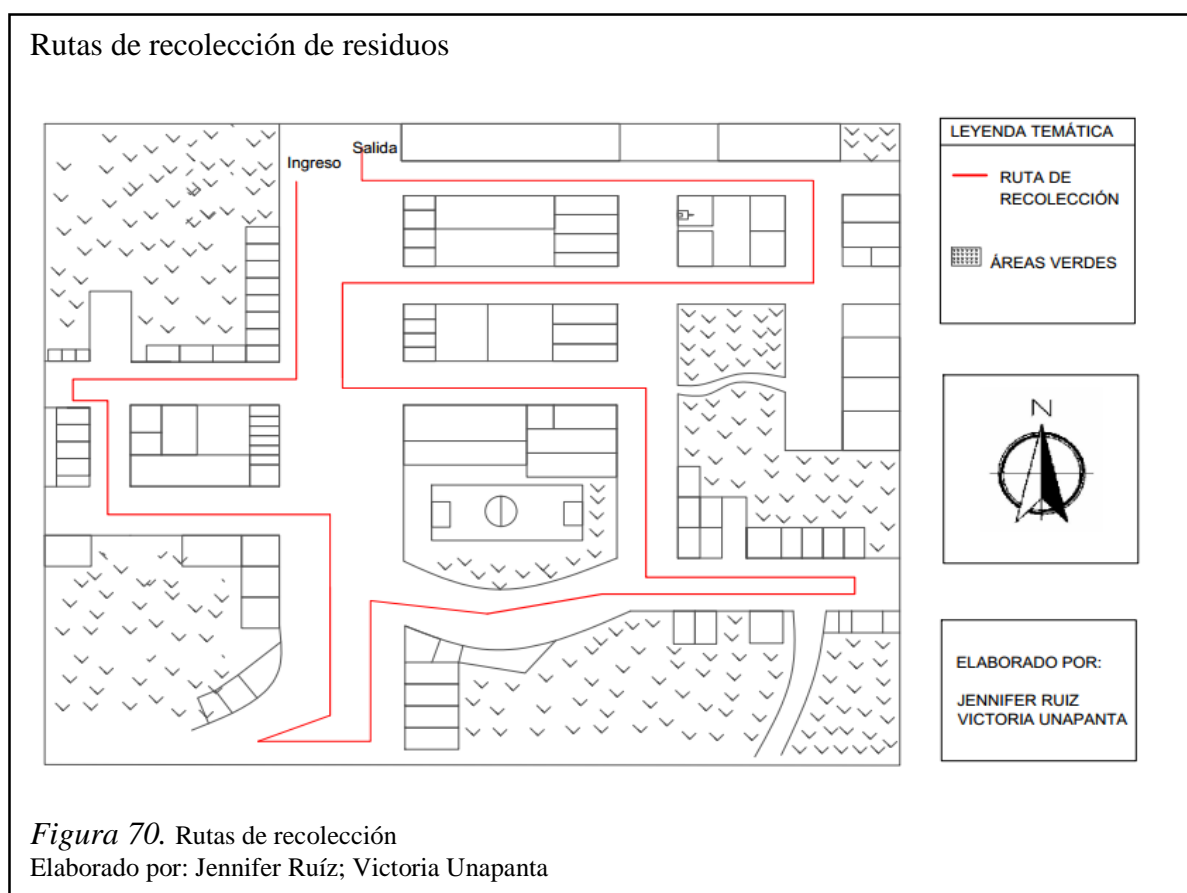
Nota. Frecuencias y horarios de recolección en el recinto Cristóbal Colón  
Elaborado por: Jennifer Ruíz; Victoria Unapanta

## 6.4. Rutas de recolección

Para la planificación de las rutas de recolección, se toma en cuenta los siguientes aspectos:

- Tamaño de la tripulación.
- Frecuencia de recolección.
- Distancia entre paradas y estaciones.
- Distancia al sitio de transferencia o disposición final.
- Topografía del terreno.
- Tráfico en la ruta.
- Condiciones de los caminos.

(SEDESOL, 2014)



El informe de actividades de recolección, funciona como una base de verificación y control de que se esté llevando a cabo el servicio de manera eficiente, así como también para minimizar costos.

### Informe diario de actividades de recolección

Unidad #: \_\_\_\_\_ Tipo de vehículo: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Combustible y aceite añadido:

Gasolina: \_\_\_\_\_ Aceite Hidráulico: \_\_\_\_\_ Aceite de motor \_\_\_\_\_

Kilometraje: \_\_\_\_\_

Salida: \_\_\_\_\_ Entrada: \_\_\_\_\_

Tabla 42. *Informe diario de actividades de recolección*

| <b>Vehículo</b>         | <b>Hora</b> | <b>Km</b> | <b>Toneladas en relleno sanitario</b> | <b>Firma de supervisor</b> |
|-------------------------|-------------|-----------|---------------------------------------|----------------------------|
| Salida del Garaje       |             |           |                                       |                            |
| Comienzo de recolección |             |           |                                       |                            |
| Regreso al relleno      |             |           |                                       |                            |

Nota. (CEPIS, 1980)

Elaborado por: Jennifer Ruíz; Victoria Unapanta

Nombre del chofer \_\_\_\_\_ Firma: \_\_\_\_\_

Nombre de los operarios \_\_\_\_\_

La gestión de los residuos, será tratada en el capítulo siguiente, en donde se da algunas alternativas de reciclaje y utilización del compost, así como para los residuos que se generan en mayor cantidad como son: el plástico, papel, cartón y materia orgánica. Mediante estas alternativas, se trata de evitar que estos residuos se depositen en el vehículo recolector y posterior disposición final, a fin de reducir el volumen en el relleno y evitar su colmatación.

## **CAPÍTULO 7**

### **PREPARACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DEL RELLENO**

#### **7.1.Preparación del terreno**

La preparación del terreno, es de vital importancia para dar inicio a la etapa de construcción del relleno de una manera ordenada y segura.

##### **7.1.1. Limpieza y desmonte**

Previa la construcción del relleno sanitario, se retira la vegetación, con el fin de obtener una superficie completamente despejada para dar pasó a dicha obra de infraestructura.

#### **7.2.Construcción del relleno sanitario**

Cabe destacar, que la elaboración de las zanjas, extracción del material de cobertura y la construcción de las vías internas, se realiza con la ayuda de equipo pesado (tractor oruga o retroexcavadora).

##### **7.2.1. Construcción de zanjas**

El lugar seleccionado para la construcción del relleno sanitario, es relativamente plano, por lo que se requiere que la superficie de las plataformas de las zanjas tenga una pendiente negativa de 3% al 5% con respecto al talud lateral. Con el fin de garantizar un escurrimiento de los líquidos percolados y de su almacenamiento en las zanjas de drenaje. Además, la construcción de las trincheras o zanjas se debe realizar por etapas y de preferencia en períodos secos. Cabe destacar, que las zanjas del presente diseño son rectangulares, cuya separación entre ellos es de 2 metros.

##### **7.2.2. Vías de acceso**

El sitio de construcción del relleno sanitario, se encuentra junto a la vía pública principal, con el fin de optimizar el tiempo de acarreo de los residuos sólidos, desde la comunidad hasta el sitio de disposición final.

Cabe destacar, que las vías de acceso internas en el relleno, deben permanecer en buenas condiciones, para asegurar el fácil acceso del vehículo de recolección, durante las distintas épocas del año.

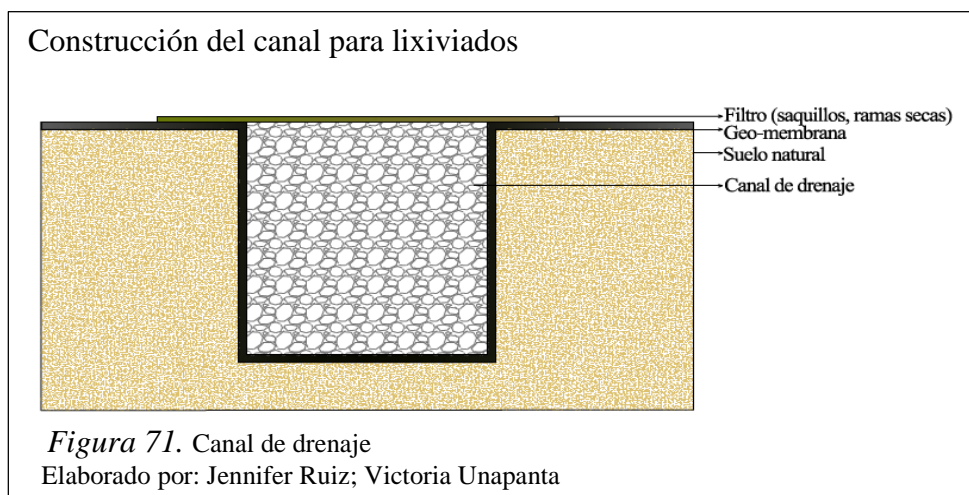
### 7.2.3. Drenaje perimetral de aguas lluvia

El canal de drenaje de aguas lluvia o canal perimetral, se construye a partir de la curva de nivel que garantice una velocidad moderada, que no provoque una excesiva erosión.

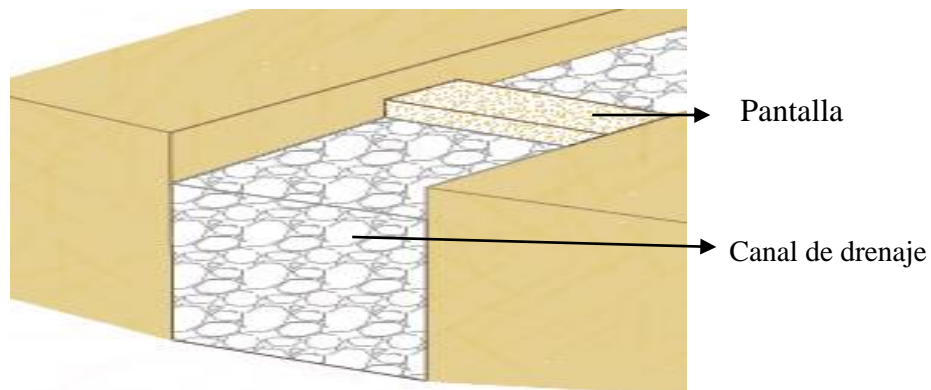
### 7.2.4. Drenaje y manejo del lixiviado

El sistema de drenaje de lixiviados, es una red horizontal formada por piedras y pantallas de madera o del mismo terreno, las cuales se construyen de la siguiente manera:

- Construcción de la zanja según las dimensiones establecidas en el capítulo cinco, posteriormente, se impermeabiliza con geo-membrana HDPE de espesor no menor a 2 mm, para lo cual, se extiende completamente la geo-membrana en la zanja y se procede a sellar mediante procesos térmicos ya sea soldadura o por extrusión.
- Ubicar pantallas o pequeños bloques de suelo cada 10 m dentro de la zanja, los cuales tendrán 0,30 m de ancho y un borde libre de 0,30 m entre la pantalla y el borde superior del terreno. Estas pantallas se construyen con el objeto de almacenar el lixiviado en el interior del relleno (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2002).
- Finalmente, para obtener mayor capacidad de almacenamiento, rellenar las zanjas con piedras de 4-6 pulgadas y colocar sobre ellas sacos o costales de propileno, ramas secas de helecho o pasto, con el fin de infiltrar los líquidos y retener las partículas finas (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2002).



#### Contrucción de canal para lixiviados



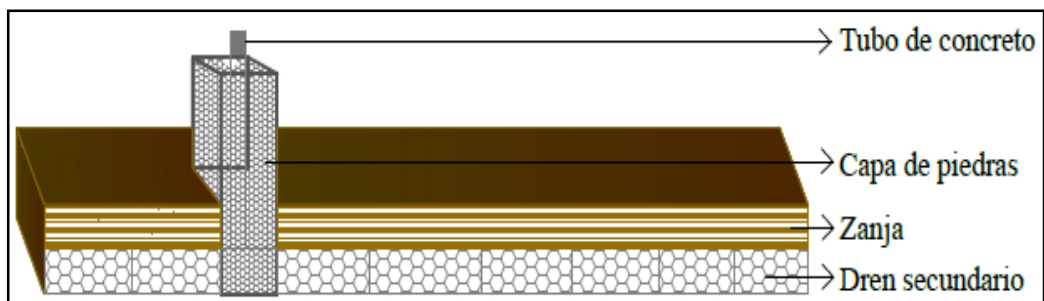
*Figura 72.* Canal de drenaje principal y secundario  
Elaborado por: Jennifer Ruiz; Victoria Unapanta

#### 7.2.5. Drenaje de gases

El drenaje de gases, es un sistema de ventilación de 0,3 m de diámetro, formado por una tubería perforada de concreto, revestida con piedra. La cual se ubica cada 10 m y se encuentra conectada al sistema de drenaje de lixiviados (CEPIS, 1980).

Previa la construcción de la última celda, colocar dos tubos de concreto, el primero perforado y el segundo sin perforar, con el objeto de facilitar la captación y quema del gas metano a la salida de la chimenea. Para lo cual se recomienda colocar una caperuza metálica y un mechero para encender el gas a la salida del tubo.

#### Construcción de chimenea



*Figura 73.* Chimenea  
Elaborado por: Jennifer Ruiz; Victoria Unapanta

### 7.3.Instalaciones Complementarias

#### 7.3.1. Cerco Perimetral

El cerco perimetral, se construye rodeando todo el relleno sanitario manual es decir de 2224,4 m<sup>2</sup>, utilizando postes de madera tratada, alambre de púa, mínimo de 1,5 m de altura, con una distancia entre hileras de alambre de 18 cm, con el fin de evitar la entrada de personas no autorizadas así como también de animales que puedan alterar el trabajo dentro del relleno.

#### 7.3.2. Área de amortiguamiento y protección

Esta zona de amortiguamiento, consiste en colocar cercas vivas conformadas por especies arbustivas, entre los linderos y las zanjas con el fin de mantener la estética del manejo de los residuos, así como también, evita la dispersión de los residuos y olores por acción del viento (CEPIS, 1980).

La plantación se realiza utilizando el método de Tresbolillo se ha escogido el frutal limonero (siembra cada 7 m) (Universidad Nacional Abierta y a Distancia, 2014) y especie arbustiva el piñón, para lo cual se calcula el número de especies por superficie:

$$n = \frac{SU}{d * d} * \cos 30^\circ$$

(Permacultura México Diseño holístico y agricultura regenerativa , 2015)

*Donde:*

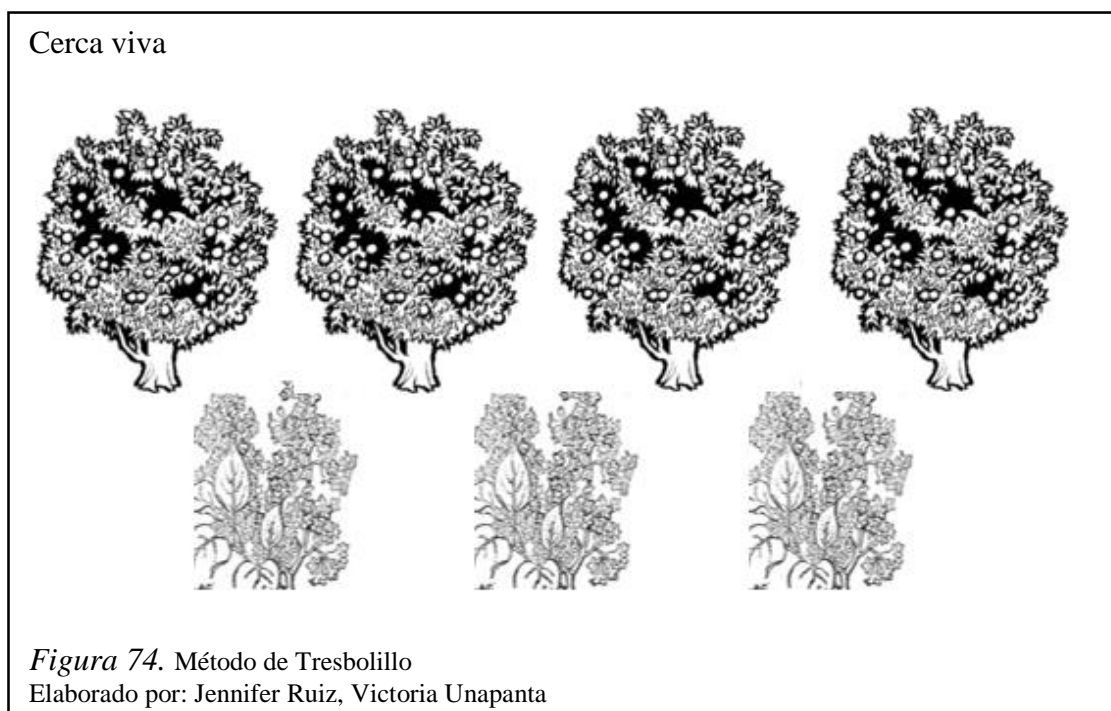
n: número de plantas.

Su: superficie del campo, en metros cuadrados (m<sup>2</sup>).

d: distancia entre plantas, en metros (m), multiplicada por sí misma.

Coseno de 30° = es un coeficiente que siempre es invariable, cualquiera que sea el marco.

Dando que el área del terreno es de 2224,3 m<sup>2</sup> y como resultado 52 árboles colocados cada 4m en la primera hilera, mientras que, en la segunda hilera irán las especies arbustivas formando un triángulo equilátero.



### 7.3.3. Caseta de seguridad y Cuarto de Personal

Estas instalaciones, se hacen con el fin de proporcionar al personal un lugar adecuado para su aseo y equipo de protección personal, el cual se diseña con las siguientes dimensiones de  $5 \times 5 \text{ m}^2$ , en el caso de la caseta de seguridad se dimensiona de  $3,00 \times 3,00 \text{ m}^2$ .

### 7.3.4. Cartel de presentación

Este cartel de presentación se hace con el objetivo de identificar el relleno sanitario, el cual es de madera de  $2 \times 2 \text{ m}$  y con una cubierta para evitar el deterioro de la misma. Su contenido es el nombre del relleno sanitario, ubicación y una leyenda en función al cuidado del ambiente (CEPIS, 1980).

### 7.4. Clausura del relleno sanitario

Esta fase final es importante para la recuperación del terreno, después de haber cumplido con la capacidad máxima para la colocación de los residuos, es decir, al finalizar su tiempo de vida útil.



#### **7.4.1. Acciones correctivas**

Las acciones correctivas, se las realiza con el fin de evitar impactos ambientales como por ejemplo contaminación visual, agua, aire, suelo. A continuación se enlista las posibles acciones correctivas.

- Controlar el acceso a personas no autorizadas para impedir que sigan depositando los residuos en el relleno.
- Informar a la comunidad del proceso de clausura que se está llevando a cabo. Además, de dar un aviso del nuevo lugar de disposición final de los residuos.
- Realizar el exterminio de roedores y artrópodos, ya que las especies podría distribuirse hacia las viviendas ocasionando problemas de salud a los habitantes.
- Nivelar y compactar tanto la superficie como los taludes antes de colocar el material de cobertura.
- Colocar geo-membrana de polietileno de alta densidad, este con el fin de evitar la salida de contaminantes, lixiviado por la lluvia, malos olores y control de gases como el metano.
- Sembrar hierba para evitar la erosión.

(Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2002);  
(Geo proyectos y diseños ambientales, 2013).

#### **7.4.2. Restauración**

- Colocar tubos de ventilación, para el desfogue de los gases producidos
- Mantenimiento de las instalaciones así como también de los tubos de ventilación y bombeo de lixiviados.

(Virtual Cocef, 2008 )

#### **7.4.3. Uso del terreno**

En el terreno donde se dispuso el relleno sanitario, una vez concluida su vida útil, se realizará un área verde para lo cual se reforestará con especies nativas del lugar como ya se ha mencionado en capítulos anteriores.

Está área verde, constituirá un parque recreacional para los habitantes del recinto Cristóbal Colón, ya que en la actualidad no se cuenta con espacios recreativos.

## **CAPÍTULO 8**

### **ALTERNATIVAS DE REUTILIZACIÓN Y RECICLAJE**

Para la minimización de residuos, se debe poner principal atención a la reducción en el origen, si esto no fuera posible, se recomienda utilizar alternativas para la reutilización o reciclaje de materiales, propendiendo a la disminución de residuos e incrementa la vida útil del relleno sanitario.

#### **8.1. Reutilización de residuos sólidos**

La reutilización de residuos, como su nombre lo indica se refiere a la utilización de un material para un mismo fin o para fines diferentes. Además, está estrechamente relacionada con la reducción de residuos como: envases de bebidas, papel, fundas y otros tipos de recipientes plásticos.

A continuación, se presentan las diversas alternativas de reutilización:

- Evitar el uso de vajilla desechable como platos, vasos, cubiertos, entre otros.
- Si se adquiere productos envasados, utilizar aquellos de mayor capacidad y evitar los de uso mini o individuales.
- Reutilizar las fundas plásticas para depositar la basura.
- Las hojas impresas a un solo lado, pueden ser reutilizadas de diversas maneras: para escribir listas, coloreado de papel para niños, elaborar cuadernos, entre otros.
- Las hojas sobrantes de los cuadernos pueden ser agrupadas y anilladas para hacer un solo cuaderno.
- Reutilizar las botellas para llevar la bebida diariamente.
- Reutilizar las cajas para guardar adornos, libros y para realizar manualidades.

#### **8.2. Reciclaje de residuos sólidos**

Es importante considerar las alternativas de reciclaje que se presentan en párrafos más adelante. Dichas alternativas están encaminadas a los residuos que se generan en mayor porcentaje en el recinto Cristóbal Colón.

### 8.2.1. Reciclaje de fundas

Una de las alternativas de reciclaje de las fundas plásticas, es darles uso como material para tejer y fabricar estuches, monederos, neceseres, bolsos, alfombras u otro producto que se requiera.

A continuación, se presenta el procedimiento para obtener madejas de fundas plásticas:

1. Doblar la funda horizontalmente.
2. Cortar las asas y la costura del extremo de la funda.
3. Doblar la funda horizontalmente, dejando un espacio en el extremo sin doblar.
4. Cortar tiras de 1,5 cm de ancho, hasta el espacio sin doblar, dejando un margen de 2cm. Posteriormente, ir formando un ovillo con una única tira cortando según sea necesario (Bandeo, 2013).
5. Empezar a tejer empleando la técnica de ganchillo, es recomendable iniciar con el punto “cadeneta”.
6. Finalmente tejer de acuerdo al diseño que se desee.

Reciclaje de fundas



*Figura 76.* Madejas de fundas  
Fuente: (Bandeo, 2013)

Reciclaje de fundas



*Figura 75.* Materiales de fundas plásticas  
Fuente: (Bandeo, 2013)

### 8.2.2. Papel reciclado

El papel reciclado es una buena alternativa para hacer uso de las hojas que ya se las ha utilizado en ambas caras. A continuación, se presenta el proceso de reciclaje de las mismas:

1. Cortar el papel lo más pequeño posible y dejarlos remojar durante toda la noche.

2. Licuar la mezcla anterior con un litro de agua.
3. Cernir la pulpa en un tamiz plano del tamaño de la hoja deseada.
4. Tapar el tamiz con un trozo de tela de algodón.
5. Retirar el tamiz y dejar reposar la pulpa con la tela sobre una tabla.
6. Colocar en la superficie un pedazo de tela y una tabla presionando suavemente, para posteriormente colocar en la superficie un objeto pesado y dejarlo reposar durante media hora (HNaturaleza, 2014).
7. Retirar todos los objetos de la superficie y dejar secar la pulpa.
8. Posteriormente, retirar la hoja de la tela y finalmente se obtiene papel reciclado.

Reciclaje de papel



*Figura 77.* Papel reciclado de colores

Fuente: (HNaturaleza, 2014)

### 8.2.3. Reciclaje de plástico PET

Una alternativa fácil y sencilla de utilizar las botellas PET es usarlas para elaborar escobas como se muestra a continuación:

1. Reunir 20 botellas de plástico PET (Ecoartefactos, 2013).
2. Cortar la parte inferior de la botella
3. Realizar cortes hasta la curva de la botella, haciendo tiras de aproximadamente 0,5 cm (Ecoartefactos, 2013).
4. Retirar el cuello de la botella a 18 piezas (Ecoartefactos, 2013).
5. Unir las piezas sin cuello, una por una sobre una pieza con cuello.
6. Cortar la parte superior de otra botella y ajustarla sobre la base de la escoba.
7. Hacer dos agujeros e insertar alambre a través de todas las capas de botellas y torcer los extremos para sujetar.

8. Asegurar con clavos y finalmente ajustarla a un palo para finalmente obtener la escoba.

#### Reciclaje de PET



*Figura 78.* Escoba de plástico PET  
Fuente: (Ecocosas. 2013)

### 8.3. Compostaje

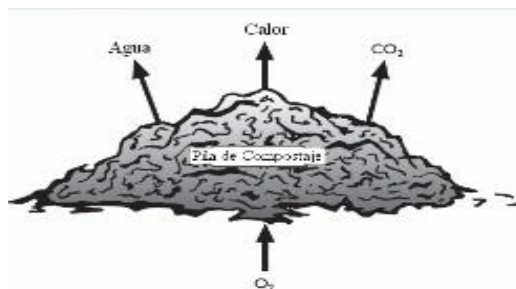
El compost, es una alternativa de aprovechamiento de la materia orgánica, para obtener abono a través de su descomposición. Dicho proceso ocurre mediante la actividad microbiana, ya que utilizan el carbono y nitrógeno de las células muertas para obtener energía y generar proteínas respectivamente.

Es importante destacar algunos de los productos compostables como: restos de frutas, verduras, cáscaras, aserrín, restos de carne, restos de plantas, cenizas de madera, restos de cultivos, entre otros.

#### 8.3.1. Técnica de compostaje

Para la elaboración de compost se recomienda utilizar la técnica de pilas estáticas, por ser una de las más económicas.

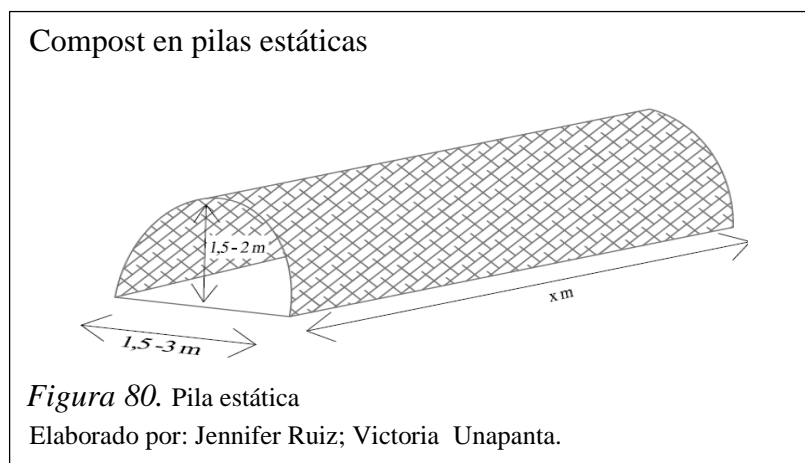
#### Compost



*Figura 79.* Compostaje  
Fuente: (FAO, 2013)

Para el uso de esta técnica se considera los siguientes pasos:

- El espacio seleccionado, para realizar compost debe ser un lugar con sombra, protegido de vientos fuertes y bajo techo (Paredes , 2013).
- Una vez seleccionada el área de disposición, los residuos orgánicos se colocan sin comprimir en exceso sobre la superficie del suelo natural, con el fin de producir intercambio de microorganismos aerobios.
- Para obtener un proceso más rápido y eficiente se recomienda cortar en pedazos pequeños de menos de 5 cm (Paredes , 2013).
- Posteriormente apilar los residuos hasta obtener una capa de 30cm de alto, sobre esta capa se debe colocar 3 cm de tierra y se continúa con este procedimiento hasta alcanzar una columna que puede oscilar entre 1,5 – 2 m altura, por 1,5 – 3 m de ancho y a una longitud deseada, como se muestra a continuación (FAO, 2013):



- Mezclar una o dos veces a la semana el material, cuidando que esté siempre con la humedad adecuada. Además, es recomendable rociar agua 1 o 2 veces por mes y enterrar una vara o palo a la mezcla para airear.

Cabe recalcar que la elaboración de compostaje puede durar desde tres meses a un año, dependiendo de la forma en que se maneje la pila, es decir, si se agrega constantemente residuos el proceso será lento, mientras que al conservar la pila con los residuos depositados inicialmente existe una producción rápida.

### **8.3.2. Fases de compostaje**

Las fases de compostaje están en función de la temperatura del proceso como se muestra a continuación:

- **Fase mesófila**

En esta fase inicia el proceso de compostaje a temperatura ambiente y en el transcurso de pocos días e incluso horas la temperatura aumenta a 45°C. Este incremento de temperatura, se debe a que los microorganismos liberan calor al utilizar fuentes sencillas de carbono. La duración de dicha fase es entre dos a ocho días (FAO, 2013).

- **Fase termófila o de higienización**

Cuando la materia orgánica llega a temperaturas superiores de 45°C, los microorganismos que se desarrollaban a temperaturas medias (microorganismos mesófilos), son remplazados por microorganismos termófilos, que son aquellos que crecen a temperaturas altas y facilitan la degradación de fuentes más complejas de carbono, tales como la celulosa y la lignina. Además, a esta fase también se la conoce con el nombre de higienización, ya que el calor generado elimina bacterias de origen fecal, quistes, huevos de helminto, hongos fitopatógenos que se encuentren en el material de partida (FAO, 2013).

La duración de esta fase, va desde unos días hasta meses, según el material de partida, las condiciones climáticas del lugar y otros factores.

- **Fase de enfriamiento o mesófila II**

Al agotarse las fuentes de carbono y nitrógeno del material de compost, la temperatura desciende hasta los 40 - 45°C y los organismos mesófilos reinician su actividad. Además, aparecen algunos hongos visibles a simple vista. Esta fase de enfriamiento requiere de varias semanas (FAO, 2013).

- **Fase de Maduración**

Durante esta fase, se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización de los compuestos carbonados para dar lugar a la formación de ácidos húmicos y fúlvicos. Cabe destacar que este periodo dura meses.

## CAPÍTULO 9

### SOCIALIZACIÓN

El proceso de socialización, se realizó con el fin de dar a conocer el presente proyecto, así como, concienciar a las personas del recinto Cristóbal Colón sobre la importancia del manejo adecuado de los residuos sólidos, ya que éste ha sido uno de los principales problemas en la comunidad.

Con el afán de llegar a todos los habitantes del recinto, se realizó la socialización en los siguientes lugares:

- Escuela Fiscal 28 de Septiembre
- Industria Eco - madera
- Casa Barrial Cristóbal Colón.

Recinto Cristóbal Colón



*Figura 82.* Socialización

Elaborado por: Jennifer Ruíz; Victoria Unapanta

Escuela 28 de Septiembre



*Figura 81.* Socialización en la Escuela 28 de Septiembre

Elaborado por: Jennifer Ruíz; Victoria Unapanta

Cabe destacar, que durante la socialización en todos los lugares nombrados, se trató los siguientes temas de interés:

- Efectos que causa la incorrecta disposición de residuos al ambiente y a la salud.
- Alternativas de reducción, reutilización y reciclaje de residuos sólidos.
- Información sobre el presente proyecto propuesto para el recinto, enfocándose a los siguientes temas: ¿Qué es un relleno sanitario?, ¿En qué consiste el proyecto?, ¿Cuáles son las medidas de control para evitar impactos potenciales al ambiente?, ¿Cómo mantener el proyecto adecuadamente para que la vida útil del mismo, dure mínimo diez años?



## CONCLUSIONES

- El levantamiento de línea base, permitió obtener información necesaria para el diseño del relleno sanitario, como el sistema de drenaje de lixiviado y escorrentía, mediante la climatología del sector, considerando los meses más lluviosos del año: enero, febrero, marzo, con precipitaciones máximas de 361,6 mm, 300,3 mm y 315,0 mm respectivamente.
- El análisis de clasificación del suelo, estableció la textura a un 1m de profundidad es arenoso limoso con gravilla y pómez, mientras que, a 2 m de profundidad es arcilloso arenoso. Además, mediante el método triaxial se determinó la cohesión  $0,562 \text{ kg/cm}^2$  y ángulo de fricción  $17^\circ$ , permitiendo conocer la carga portante de 11,24m para la construcción.
- Las rutas de recolección en el recinto, se planificaron en función de los métodos de acera y el de parada fija o esquina, los cuales se establecieron de acuerdo a las vías de fácil acceso. Además, los horarios de recolección se determinaron en la mañana, debida a la afluencia de personas que existe en la tarde. Mientras que los días de recolección se consideró, en base a la producción diaria de residuos.
- La caracterización de residuos por el método de cuarteo, permitió determinar la producción per cápita real de 0,27 kg/hab/día, así como, su composición física, dando a conocer los residuos con mayor porcentaje de generación como son: 58,03% materia orgánica, 3,75% fundas plásticas, 3,06% botellas PET y 3,27%, papel.
- El relleno sanitario manual para el recinto Cristóbal Colón, se diseñó para un plazo de diez años de vida útil, considerando la población proyectada para el año 2024 de 734 habitantes y su generación de residuos 219,046 kg /día, por lo cual se requirió un área  $2059,22 \text{ m}^2$ , permitiendo esquematizar el relleno en el sitio seleccionado, ya que la superficie total es de  $2224,40 \text{ m}^2$ , por esta razón el método aplicado fue zanjas o trincheras.
- La socialización del diseño de relleno sanitario manual, obtuvo resultados favorables, ya que permitió dar a conocer la importancia del presente proyecto, así como, concienciar a la población sobre la correcta disposición final de residuos, las alternativas de reutilización y reciclaje. Generando una aceptación

por parte de la comunidad, especialmente de la institución educativa “28 de Septiembre”, la cual se encuentra comprometida con el cuidado del ambiente.

## **RECOMENDACIONES**

- Se sugiere replicar este tipo proyectos para pequeñas poblaciones de la región costa, dependiendo de las especificaciones de cada sitio, con el fin de proporcionar una buena disposición de los residuos sólidos, evitando daños en la salud pública y ambiente.
- Crear y aplicar un programa ambiental sostenido sobre el manejo de residuos sólidos, para concienciar a la población, mediante el apoyo complementario de organizaciones públicas y privadas.

## LISTA DE REFERENCIA

- Bandeo, J. (09 de marzo de 2013). *Reciclar y reutilizar las bolsas de plástico*. Obtenido de <http://www.labioguia.com/como-reutilizar-bolsas-de-plastico/>
- Borgtoft Pedersen, H., & Balslev, H. (1993). *Palmas útiles especies ecuatorianas para agroforestería y extractivismo*. Quito: Abya Yala.
- CAT. (2015). *Products*. Obtenido de Equipment: [http://www.cat.com/en\\_US/products.html](http://www.cat.com/en_US/products.html)
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. (2002). *Guía para el Diseño, Construcción, y Operación de Rellenos Sanitarios Manuales*. Obtenido de <http://www.redrrss.pe/material/20090128200240.pdf>
- Cisneros, R. (2012). *Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Pastaza*. Obtenido de Municipalidad- Construcción del relleno sanitario del cantón Pastaza: <http://www.puyo.gob.ec/municipalidad/ordenanzas/293-2013-borrador-del-estudio-de-impacto-ambiental-proyecto-construccion-relleno-sanitario-canton-pastaza.html?path=>
- Ecoartefactos. (18 de febrero de 2013). *Ecoartefactos*. Obtenido de Como hacer una escoba de botellas de plástico PET: <http://ecoartefactos.blogspot.com/2013/02/como-hacer-una-escoba-de-botellas-de.html>
- Ecuador Forestal. (25 de Septiembre de 2012). *Fichas Técnicas de Especies Forestales*. Obtenido de Ficha Técnica No. 7: Balsa : <http://ecuadorforestal.org/fichas-tecnicas-de-especies-forestales/ficha-tecnica-no-7-balsa/>
- El Instituto Nacional de Estadística y Censos . (2014). *Población y Demografía*. Obtenido de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>
- FAO. (2013). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Obtenido de Manual de Compostaje del Agricultor : <http://www.fao.org/docrep/019/i3388s/i3388s.pdf>

- Geo proyectos y diseños ambientales. (2013). *Geo proyectos y diseños ambientales*.  
Obtenido de Clausura de rellenos sanitarios:  
[http://www.geosistemas.net/clausura\\_rellenos.html](http://www.geosistemas.net/clausura_rellenos.html)
- Gilbert, M., & Wendell, P. (2008). *Introducción a la Ingeniería Medio Ambiental*.  
Madrid: PEARSON.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Malimpia . (12 de Septiembre de 2014). *Flora y Fauna*. Obtenido de Malimpia :  
<http://www.malimpia.gob.ec/index.php/ct-menu-item-13/ct-menu-item-29>
- Gómez Vega, O. (2007). *Educación para la salud*. Costa Rica: EUNED.
- HNaturaleza. (04 de febrero de 2014). *Estilo Verde*. Obtenido de Pasos para hacer papel reciclado:  
<https://fundacionhombrenaturalezablog.wordpress.com/2014/02/04/pasos-para-hacer-papel-reciclado/>
- INAMHI. (02 de septiembre de 2014). Red de Estaciones Metereológicas. Quito , Pichincha , Ecuador . Obtenido de Red de Estaciones Metereológicas:  
<http://www.inamhi.gob.ec/index.php/red-de-estaciones/easytablerecord/2-prueba/1003>
- Instituto Nacional de Ecología. (2001). *Guía para la gestión integral de los residuos sólidos municipales*.
- Jardín Botánico de Quito . (12 de Septiembre de 2014). *Bromelias*. Obtenido de Jardines: [http://www.jardinbotanicoquito.8m.com/jbq\\_jardinbromelias.htm](http://www.jardinbotanicoquito.8m.com/jbq_jardinbromelias.htm)
- León, J. (2000). *Botánica de los cultivos tropicales* (Tercera ed.). Costa Rica: Agroamerica.
- Pacheco, M. (11 de Mayo de 2011). Obtenido de <http://palmaafriicanaunipaz.blogspot.com/2011/05/problemas-ambientales-de-la-palma.html>
- Paredes , P. (03 de Julio de 2013). *Diseño del Manejo Integrado de Desechos Sólidos en el Cantón Puerto López, Provincia de Manabi*. Obtenido de

<http://simce.ambiente.gob.ec/sites/default/files/documentos/belen/Informe%20Final%20Dise%C3%B1o%20relleno%20sanitario%20Puerto%20Lopez.pdf>

Pérez, J. D., Coloma Román, L., Checa, M. F., & Salazar, A. (2005). *Sapos, mariposas y orquídeas en la línea equinoccial*. Quito, Ecuador: Trama. Recuperado el 12 de Septiembre de 2014

Pizarro, R., Flores, J. P., Sangüesa, C., & Martínez, E. (2014). *Diseño de canales de evacuación de aguas lluvias*. Obtenido de [http://eias.utalca.cl/Docs/pdf/Publicaciones/manuales/e\\_modulo\\_diseno\\_canales.pdf](http://eias.utalca.cl/Docs/pdf/Publicaciones/manuales/e_modulo_diseno_canales.pdf)

Polanco, D. (febrero de 2010). *Plan de manejo turístico en el recinto Cristóbal Colón, cantón Quinindé, provincia de Esmeraldas, para fomentar el turismo en la zona*. Quinindé: (Tesis de pregrado) Universidad Tecnológica Equinoccial .

Röben, E. (2002). *Diseño, Construcción, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios Municipales*. Obtenido de <http://biogas-iclei.pacmun.org.mx/wp-content/uploads/2013/04/x-Dise%C3%B1o-Construcci%C3%B3n-y-Cierre-de-Rellenos-Sanitarios.pdf>

Rodríguez Salinas, M. A., Córdova, A., & Vásquez. (2006). *Manual de Compostaje Municipal Tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos* (Primera ed.). SEMARNAT. Recuperado el 14 de Agosto de 2014

Sánchez de Lorenzo Caceres, J. M. (2001). *Guía de plantas ornamentales*. Murcia: Mundi Prensa.

Sánchez, A., & Gándara. (2011). *Conceptos Básicos de Gestión Ambiental y Desarrollo Sustentable* (Primera ed.). México: SEMARNAT. Recuperado el 14 de Agosto de 2014

SEDESOL. (2014). *Secretaría de desarrollo Social*. Obtenido de Manual para el diseño de rutas de recolección de residuos sólidos municipales: [http://www.sustenta.org.mx/3/wp-content/files/MT\\_RutasRecoleccion.pdf](http://www.sustenta.org.mx/3/wp-content/files/MT_RutasRecoleccion.pdf)

Triola, M. (2004). *Estadística* (Novena ed.). Pearson Educación.

TULSMA. (2007). Libro VI Norma de Calidad Ambiental para el Manejo y Disposición Final de los Desechos Sólidos No Peligrosos.

Universidad Nacional Abierta y a Distancia. (2014). *Universidad Nacional Abierta y a Distancia*. Obtenido de [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/201617/Contenido%20en%20linea/leccion\\_28\\_distancia\\_de\\_siembra.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/201617/Contenido%20en%20linea/leccion_28_distancia_de_siembra.html)

Virtual Cocef. (31 de Marzo de 2008 ). *Virtual Cocef*. Obtenido de [http://virtual.cocef.org/Estudios\\_Mexico/MXest43/Ojinaga/Relleno\\_Sanitario/Capitulo9.pdf](http://virtual.cocef.org/Estudios_Mexico/MXest43/Ojinaga/Relleno_Sanitario/Capitulo9.pdf)

## ANEXOS

### Anexo 1. Generación per cápita de residuos sólidos

| Generación per cápita de residuos sólidos |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                     |      |
|---|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|------|
| Código de vivienda                        | ppc día 1<br>kg/hab/día | ppc día 2<br>kg/hab/día | ppc día 3<br>kg/hab/día | ppc día 4<br>kg/hab/día | ppc día 5<br>kg/hab/día | ppc día 6<br>kg/hab/día | ppc día 7<br>kg/hab/día | ppc día 8<br>kg/hab/día | Promedio<br>ppc     |      |
| V 01                                      | 2,49                    | 0,05                    | 0,04                    | 0,03                    | 0,03                    | 0,19                    | 0,04                    | 0,03                    | 0,06                |      |
| V 02                                      | 0,62                    | 0,22                    | 0,03                    | 0,37                    | 0,58                    | 0,98                    | 0,32                    | 0,52                    | 0,43                |      |
| V 03                                      | 1,89                    | 0,19                    | 0,05                    | 0,03                    | 0,07                    | 0,00                    | 0,08                    | 0,03                    | 0,07                |      |
| V 04                                      | 5,00                    | 1,98                    | 1,35                    | 2,38                    | 2,23                    | 1,18                    | 1,65                    | 1,90                    | 1,81                |      |
| V 05                                      | 0,07                    | 0,05                    | 0,05                    | 0,03                    | 0,03                    | 0,03                    | 0,03                    | 0,03                    | 0,04                |      |
| V 06                                      | 0,05                    | 0,10                    | 0,03                    | 0,44                    | 0,55                    | 0,46                    | 0,75                    | 0,49                    | 0,40                |      |
| V 07                                      | 0,43                    | 0,07                    | 0,06                    | 0,00                    | 0,28                    | 0,00                    | 0,62                    | 0,18                    | 0,17                |      |
| V 08                                      | 0,20                    | 0,08                    | 0,14                    | 0,03                    | 0,21                    | 0,25                    | 0,31                    | 0,19                    | 0,17                |      |
| V 09                                      | 2,67                    | 0,07                    | 0,03                    | 0,08                    | 0,02                    | 0,03                    | 0,02                    | 0,03                    | 0,04                |      |
| V 10                                      | 0,15                    | 0,05                    | 0,06                    | 0,05                    | 0,05                    | 0,03                    | 0,08                    | 0,03                    | 0,05                |      |
| V 11                                      | 0,98                    | 0,27                    | 0,25                    | 0,22                    | 0,33                    | 0,27                    | 0,42                    | 0,20                    | 0,28                |      |
| V 12                                      | 0,28                    | 0,12                    | 0,15                    | 0,25                    | 0,13                    | 0,23                    | 0,17                    | 0,22                    | 0,18                |      |
| V 13                                      | 0,37                    | 0,09                    | 0,18                    | 0,17                    | 0,33                    | 0,30                    | 0,37                    | 0,25                    | 0,24                |      |
| V 14                                      | 0,36                    | 0,10                    | 0,12                    | 0,17                    | 0,07                    | 0,05                    | 0,08                    | 0,03                    | 0,09                |      |
| V 15                                      | 0,10                    | 0,13                    | 0,40                    | 0,20                    | 0,18                    | 0,05                    | 0,10                    | 0,05                    | 0,16                |      |
| V 16                                      | 2,75                    | 0,25                    | 0,13                    | 0,21                    | 0,10                    | 0,13                    | 0,40                    | 0,13                    | 0,19                |      |
| V 17                                      | 0,92                    | 0,25                    | 0,59                    | 0,42                    | 0,22                    | 0,90                    | 0,71                    | 0,83                    | 0,56                |      |
| V 18                                      | 0,90                    | 0,22                    | 0,12                    | 0,07                    | 0,29                    | 0,10                    | 0,27                    | 0,04                    | 0,16                |      |
| V 19                                      | 4,00                    | 0,53                    | 0,35                    | 0,48                    | 0,31                    | 0,26                    | 0,64                    | 0,69                    | 0,47                |      |
| V 20                                      | 1,03                    | 0,18                    | 0,25                    | 0,03                    | 0,20                    | 0,25                    | 0,08                    | 0,15                    | 0,16                |      |
| V 21                                      | 0,57                    | 0,12                    | 0,18                    | 0,15                    | 0,15                    | 0,08                    | 0,20                    | 0,17                    | 0,15                |      |
| V 22                                      | 0,60                    | 0,13                    | 0,05                    | 0,18                    | 0,20                    | 0,17                    | 0,22                    | 0,15                    | 0,16                |      |
|   |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         | Promedio            | 0,27 |
|   |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         | Varianza            | 0,13 |
|   |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         | Desviación estándar | 0,36 |



## Anexo 2. Generación per cápita por establecimiento comercial

| Generación per cápita de residuos sólidos en instituciones educativas |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                 |
|---|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------|
| Código  | ppc día 1<br>kg/hab/día | ppc día 2<br>kg/hab/día | ppc día 3<br>kg/hab/día | ppc día 4<br>kg/hab/día | ppc día 5<br>kg/hab/día | ppc día 6<br>kg/hab/día | ppc día 7<br>kg/hab/día | ppc día 8<br>kg/hab/día | Promedio<br>ppc |
| IE 01   | 0,086                   | 0,038                   | 0,042                   | 0,063                   | 0,018                   | 0,071                   | 0,063                   | 0,084                   | 0,054           |
| IE 02   | 0,004                   | 0,006                   | 0,009                   | 0,000                   | 0,004                   | 0,004                   | 0,006                   | 0,004                   | 0,005           |
|   |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         | Promedio                | 0,029           |

| Generación per cápita de residuos sólidos de tiendas |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                 |
|--|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------|
| Código   | ppc día 1<br>kg/hab/día | ppc día 2<br>kg/hab/día | ppc día 3<br>kg/hab/día | ppc día 4<br>kg/hab/día | ppc día 5<br>kg/hab/día | ppc día 6<br>kg/hab/día | ppc día 7<br>kg/hab/día | ppc día 8<br>kg/hab/día | Promedio<br>ppc |
| T 01   | 0,034                   | 0,065                   | 0,031                   | 0,049                   | 0,031                   | 0,026                   | 0,021                   | 0,027                   | 0,035           |
| T 02   | 0,054                   | 0,048                   | 0,063                   | 0,040                   | 0,056                   | 0,060                   | 0,048                   | 0,031                   | 0,050           |
| T 03   | 0,089                   | 0,054                   | 0,054                   | 0,036                   | 0,027                   | 0,045                   | 0,034                   | 0,036                   | 0,047           |
| T 04   | 0,119                   | 0,096                   | 0,077                   | 0,092                   | 0,088                   | 0,088                   | 0,096                   | 0,085                   | 0,093           |
| T 05   | 0,050                   | 0,043                   | 0,037                   | 0,038                   | 0,035                   | 0,032                   | 0,034                   | 0,032                   | 0,038           |
|  |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         | Promedio                | 0,053           |

| Generación per cápita de residuos sólidos de industria |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                 |
|--|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------|
| Código   | ppc día 1<br>kg/hab/día | ppc día 2<br>kg/hab/día | ppc día 3<br>kg/hab/día | ppc día 4<br>kg/hab/día | ppc día 5<br>kg/hab/día | ppc día 6<br>kg/hab/día | ppc día 7<br>kg/hab/día | ppc día 8<br>kg/hab/día | Promedio<br>ppc |
| IM 01  | 0,034                   | 0,002                   | 0,003                   | 0,002                   | 0,002                   | 0,014                   | 0,003                   | 0,003                   | 0,004           |

### Anexo 3. Muestras sospechosas

| Generación de residuos sólidos domésticos |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |              |      |
|---|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|--------------|------|
| Código de vivienda                        | ppc día 1 kg/hab/día | ppc día 2 kg/hab/día | ppc día 3 kg/hab/día | ppc día 4 kg/hab/día | ppc día 5 kg/hab/día | ppc día 6 kg/hab/día | ppc día 7 kg/hab/día | ppc día 8 kg/hab/día | Promedio ppc | zc   |
| V 01                                      | 2,49                 | 0,05                 | 0,04                 | 0,03                 | 0,03                 | 0,19                 | 0,04                 | 0,03                 | 0,06         | 0,60 |
| V 02                                      | 0,62                 | 0,22                 | 0,03                 | 0,37                 | 0,58                 | 0,98                 | 0,32                 | 0,52                 | 0,43         | 0,43 |
| V 03                                      | 1,89                 | 0,19                 | 0,05                 | 0,03                 | 0,07                 | 0,00                 | 0,08                 | 0,03                 | 0,07         | 0,57 |
| V 04                                      | 5,00                 | 1,98                 | 1,35                 | 2,38                 | 2,23                 | 1,18                 | 1,65                 | 1,90                 | 1,81         | 4,22 |
| V 05                                      | 0,07                 | 0,05                 | 0,05                 | 0,03                 | 0,03                 | 0,03                 | 0,03                 | 0,03                 | 0,04         | 0,65 |
| V 06                                      | 0,05                 | 0,10                 | 0,03                 | 0,44                 | 0,55                 | 0,46                 | 0,75                 | 0,49                 | 0,40         | 0,35 |
| V 07                                      | 0,43                 | 0,07                 | 0,06                 | 0,00                 | 0,28                 | 0,00                 | 0,62                 | 0,18                 | 0,17         | 0,28 |
| V 08                                      | 0,20                 | 0,08                 | 0,14                 | 0,03                 | 0,21                 | 0,25                 | 0,31                 | 0,19                 | 0,17         | 0,28 |
| V 09                                      | 2,67                 | 0,07                 | 0,03                 | 0,08                 | 0,02                 | 0,03                 | 0,02                 | 0,03                 | 0,04         | 0,65 |
| V 10                                      | 0,15                 | 0,05                 | 0,06                 | 0,05                 | 0,05                 | 0,03                 | 0,08                 | 0,03                 | 0,05         | 0,61 |
| V 11                                      | 0,98                 | 0,27                 | 0,25                 | 0,22                 | 0,33                 | 0,27                 | 0,42                 | 0,20                 | 0,28         | 0,01 |
| V 12                                      | 0,28                 | 0,12                 | 0,15                 | 0,25                 | 0,13                 | 0,23                 | 0,17                 | 0,22                 | 0,18         | 0,25 |
| V 13                                      | 0,37                 | 0,09                 | 0,18                 | 0,17                 | 0,33                 | 0,30                 | 0,37                 | 0,25                 | 0,24         | 0,09 |
| V 14                                      | 0,36                 | 0,10                 | 0,12                 | 0,17                 | 0,07                 | 0,05                 | 0,08                 | 0,03                 | 0,09         | 0,51 |
| V 15                                      | 0,10                 | 0,13                 | 0,40                 | 0,20                 | 0,18                 | 0,05                 | 0,10                 | 0,05                 | 0,16         | 0,32 |
| V 16                                      | 2,75                 | 0,25                 | 0,13                 | 0,21                 | 0,10                 | 0,13                 | 0,40                 | 0,13                 | 0,19         | 0,23 |
| V 17                                      | 0,92                 | 0,25                 | 0,59                 | 0,42                 | 0,22                 | 0,90                 | 0,71                 | 0,83                 | 0,56         | 0,79 |
| V 18                                      | 0,90                 | 0,22                 | 0,12                 | 0,07                 | 0,29                 | 0,10                 | 0,27                 | 0,04                 | 0,16         | 0,32 |
| V 19                                      | 4,00                 | 0,53                 | 0,35                 | 0,48                 | 0,31                 | 0,26                 | 0,64                 | 0,69                 | 0,47         | 0,53 |
| V 20                                      | 1,03                 | 0,18                 | 0,25                 | 0,03                 | 0,20                 | 0,25                 | 0,08                 | 0,15                 | 0,16         | 0,30 |
| V 21                                      | 0,57                 | 0,12                 | 0,18                 | 0,15                 | 0,15                 | 0,08                 | 0,20                 | 0,17                 | 0,15         | 0,34 |
| V 22                                      | 0,60                 | 0,13                 | 0,05                 | 0,18                 | 0,20                 | 0,17                 | 0,22                 | 0,15                 | 0,16         | 0,32 |

#### Anexo 4. Generación per cápita domestica real

| Generación per cápita de residuos sólidos domésticos |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                 |
|--|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------|
| Código de vivienda                                   | ppc día 1<br>kg/hab/día | ppc día 2<br>kg/hab/día | ppc día 3<br>kg/hab/día | ppc día 4<br>kg/hab/día | ppc día 5<br>kg/hab/día | ppc día 6<br>kg/hab/día | ppc día 7<br>kg/hab/día | ppc día 8<br>kg/hab/día | Promedio<br>ppc |
| V 01   | 2,49                    | 0,05                    | 0,04                    | 0,03                    | 0,03                    | 0,19                    | 0,04                    | 0,03                    | 0,06            |
| V 02   | 0,62                    | 0,22                    | 0,03                    | 0,37                    | 0,58                    | 0,98                    | 0,32                    | 0,52                    | 0,43            |
| V 03   | 1,89                    | 0,19                    | 0,05                    | 0,03                    | 0,07                    | 0,00                    | 0,08                    | 0,03                    | 0,07            |
| V 05   | 0,07                    | 0,05                    | 0,05                    | 0,03                    | 0,03                    | 0,03                    | 0,03                    | 0,03                    | 0,04            |
| V 06   | 0,05                    | 0,10                    | 0,03                    | 0,44                    | 0,55                    | 0,46                    | 0,75                    | 0,49                    | 0,40            |
| V 07   | 0,43                    | 0,07                    | 0,06                    | 0,00                    | 0,28                    | 0,00                    | 0,62                    | 0,18                    | 0,17            |
| V 08   | 0,20                    | 0,08                    | 0,14                    | 0,03                    | 0,21                    | 0,25                    | 0,31                    | 0,19                    | 0,17            |
| V 09   | 2,67                    | 0,07                    | 0,03                    | 0,08                    | 0,02                    | 0,03                    | 0,02                    | 0,03                    | 0,04            |
| V 10   | 0,15                    | 0,05                    | 0,06                    | 0,05                    | 0,05                    | 0,03                    | 0,08                    | 0,03                    | 0,05            |
| V 11   | 0,98                    | 0,27                    | 0,25                    | 0,22                    | 0,33                    | 0,27                    | 0,42                    | 0,20                    | 0,28            |
| V 12   | 0,28                    | 0,12                    | 0,15                    | 0,25                    | 0,13                    | 0,23                    | 0,17                    | 0,22                    | 0,18            |
| V 13   | 0,37                    | 0,09                    | 0,18                    | 0,17                    | 0,33                    | 0,30                    | 0,37                    | 0,25                    | 0,24            |
| V 14   | 0,36                    | 0,10                    | 0,12                    | 0,17                    | 0,07                    | 0,05                    | 0,08                    | 0,03                    | 0,09            |
| V 15   | 0,10                    | 0,13                    | 0,40                    | 0,20                    | 0,18                    | 0,05                    | 0,10                    | 0,05                    | 0,16            |
| V 16   | 2,75                    | 0,25                    | 0,13                    | 0,21                    | 0,10                    | 0,13                    | 0,40                    | 0,13                    | 0,19            |
| V 17   | 0,92                    | 0,25                    | 0,59                    | 0,42                    | 0,22                    | 0,90                    | 0,71                    | 0,83                    | 0,56            |
| V 18   | 0,90                    | 0,22                    | 0,12                    | 0,07                    | 0,29                    | 0,10                    | 0,27                    | 0,04                    | 0,16            |
| V 19   | 4,00                    | 0,53                    | 0,35                    | 0,48                    | 0,31                    | 0,26                    | 0,64                    | 0,69                    | 0,47            |
| V 20   | 1,03                    | 0,18                    | 0,25                    | 0,03                    | 0,20                    | 0,25                    | 0,08                    | 0,15                    | 0,16            |
| V 21   | 0,57                    | 0,12                    | 0,18                    | 0,15                    | 0,15                    | 0,08                    | 0,20                    | 0,17                    | 0,15            |
| V 22   | 0,60                    | 0,13                    | 0,05                    | 0,18                    | 0,20                    | 0,17                    | 0,22                    | 0,15                    | 0,16            |
| Promedio   |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         | 0,20            |
| Varianza   |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         | 0,02            |
| Desviación estándar                                  |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         | 0,14            |

## Anexo 5. Clasificación de suelos



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA  
SALESIANA**  
ECUADOR



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERIA CIVIL  
AV. RUMICHACA Y MORAN VALVERDE TEL. 3962 891, 3962 800 EXT 2354

### CLASIFICACION DE SUELOS

|            |                                  |  |  |  |  |          |             |              |        |
|------------|----------------------------------|--|--|--|--|----------|-------------|--------------|--------|
| PROYECTO:  | Diseño de Relleno Sanitario      |  |  |  |  | ABSCISA: | ----        | PROFUNDIDAD: | 1,00 m |
| CLIENTE:   | Srta. Jennifer Ruiz              |  |  |  |  | NORMAS:  | ASTM D 3282 | L.E.M.:      | 6192   |
| UBICACIÓN: | Esmeraldas - Prov. de Esmeraldas |  |  |  |  |          | ASTM D 2487 | Pág.:        | 1/1    |
| FECHA:     | 29-12-14                         |  |  |  |  |          |             |              |        |

|                     | No. DE<br>GOLPES | PESO<br>HUMEDO   | PESO<br>SECO     | PESO<br>DE CAPS  | w %            | MEDIA O<br>VALOR |
|---------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|----------------|------------------|
| 1.- CONT. DE AGUA   |                  | 501,30<br>481,09 | 347,30<br>336,54 | 108,27<br>113,02 | 64,43<br>64,67 | 64,55            |
| 2.- LIMITE LIQUIDO  |                  | -----            | -----            | -----            | -----          | NP               |
| 3.- LIMITE PLASTICO |                  | -----            | -----            | -----            | -----          | NP               |

**4.- GRANULOMETRIA**

PESO INIC. 423,65

PESO INICIAL DE CALCULO: 257,5

| TAMIZ   | PESO RET. | % RET | % PASA |
|---------|-----------|-------|--------|
| 1"      | 0,0       | 0     | 100    |
| 3/4"    | 0,0       | 0     | 100    |
| 1/2"    | 0,0       | 0     | 100    |
| 3/8"    | 2,3       | 1     | 99     |
| No. 4   | 6,4       | 2     | 98     |
| No. 10  | 17,85     | 7     | 93     |
| No. 40  | 62,09     | 24    | 76     |
| No. 200 | 198,15    | 77    | 23     |

|                            |    |      |    |         |           |
|----------------------------|----|------|----|---------|-----------|
| <b>5.- CLASIFICACION.-</b> |    | LL = | NP | SUCS:   | SM        |
| GRAVA                      | 2  | LP = | NP | AASHTO: | A-2-4     |
| ARENA                      | 75 | IP = | NP | IG:     | 0         |
| FINOS                      | 23 | w% = | 65 | AASHTO  | A-2-4 (0) |

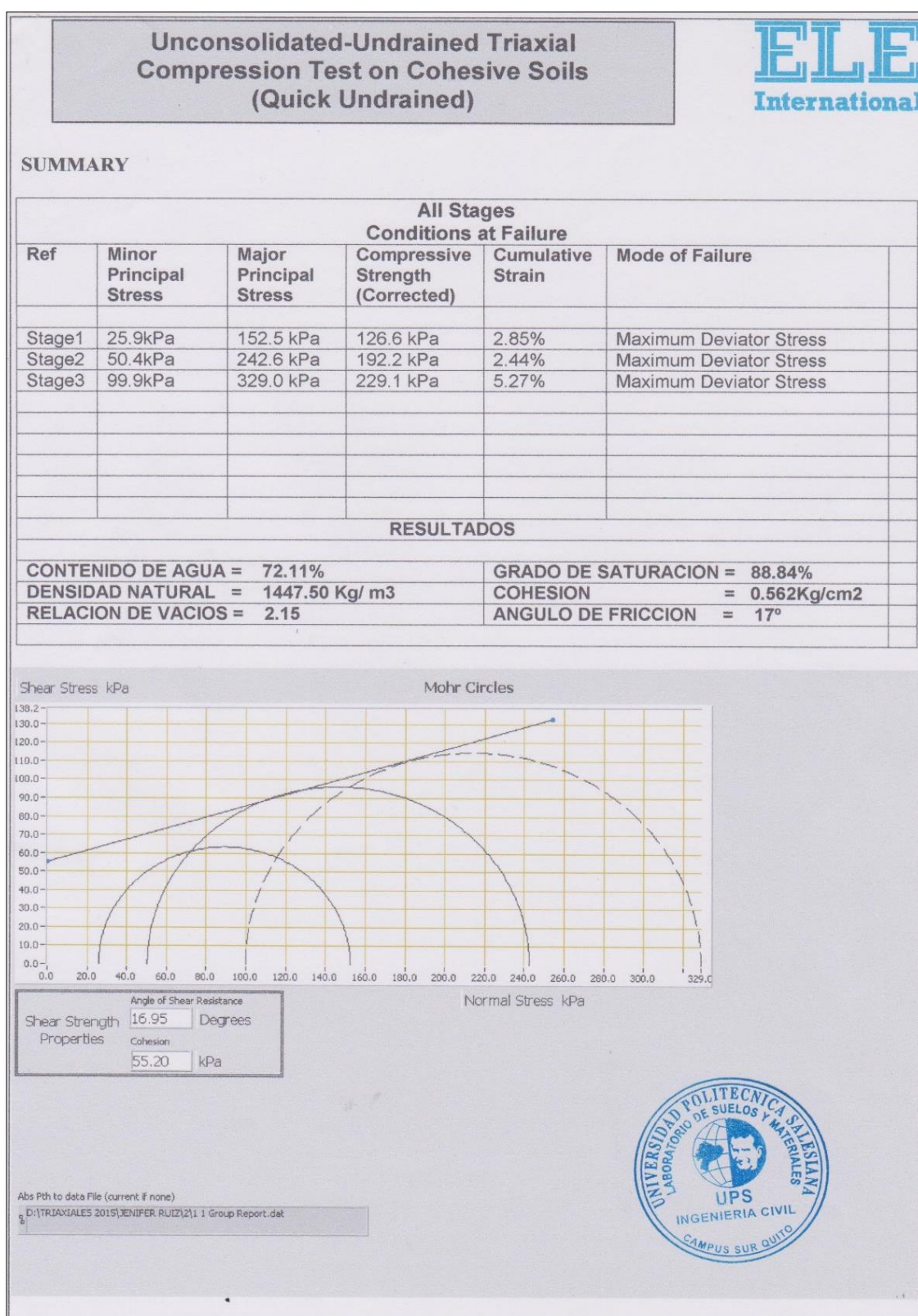
Arena limosa, con gravilla, pomez y arcillas, color café claro.

Ing. Magaly Galbar L.  
ADMINISTRADOR TECNICO DEL LABORATORIO

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

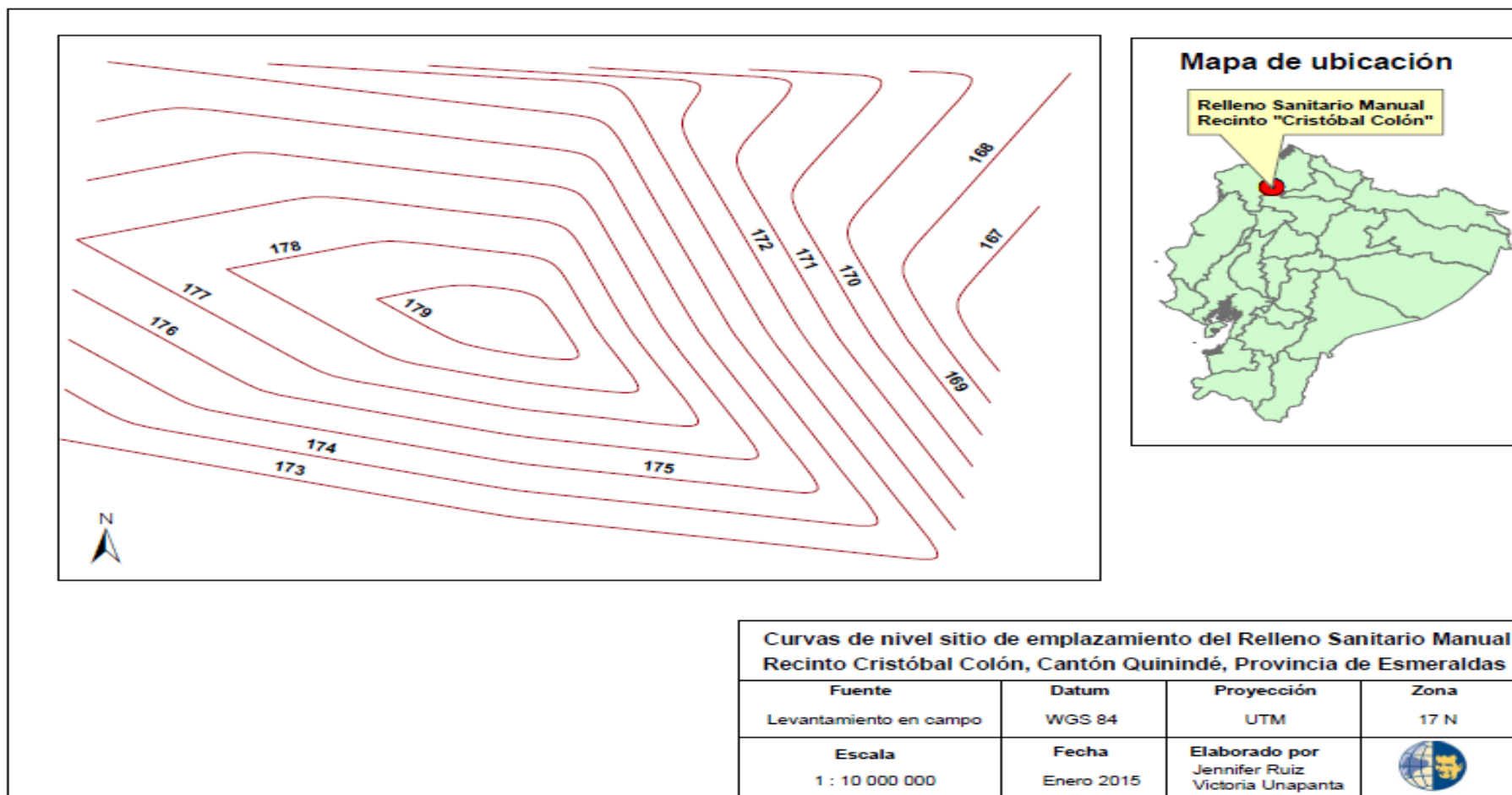
Campus Sur, Av. Rumichaca s/n y Morán Valverde · Teléfonos: 3962 800 / 3962 900 Ext.: 2354  
Teléfono directo: 3962 891 · Fax: 3962 897 · Correo electrónico: htorres@ups.edu.ec / ingciviluo@ups.edu.ec

## Anexo 6. Capacidad portante del suelo

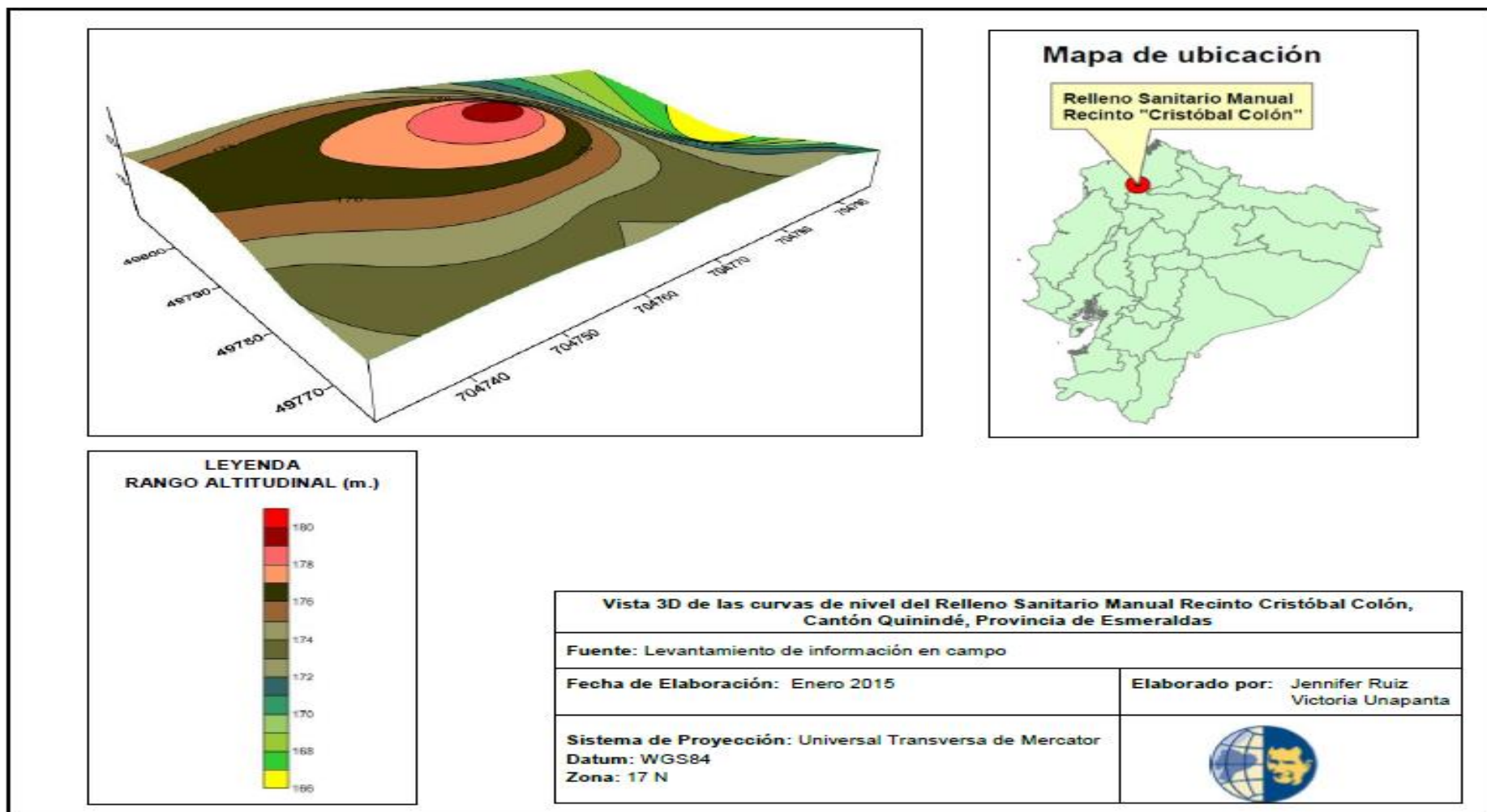




Anexo 7. Curvas de nivel del sitio de ubicación del relleno sanitario manual – 2D



# Anexo 8. Curvas de nivel del sitio de ubicación del relleno sanitario manual – 3D



## Anexo 9.Diseño del relleno sanitario manual